

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra dopravního stavitelství

Návrh variantního řešení křižovatky silnic II/430 a III/3833 u Šlapanic

Proposal for a Variant Solution of the Intersection of Roads II/430 and
III/3833 at Slapanice

Student:

Ondřej Rumler

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jan Petruš, Ph.D.

Ostrava 2018

Zadání bakalářské práce

Student:

Ondřej Rumler

Studijní program:

B3607 Stavební inženýrství

Studijní obor:

3647R020 Dopravní stavby

Téma:

Návrh variantního řešení křižovatky silnic II/430 a III/3833 u Šlapanic
Proposal for a Variant Solution of the Intersection of Roads II/430 and
III/3833 at Slapanice

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

Obsahem bakalářské práce je návrh variantního řešení úpravy křižovatky silnic II/430 a III/3833 u Šlapanic. Práce bude vyhotovena v rozsahu odpovídajícím technické studii a dle pokynů vedoucího práce. V rámci zpracování bakalářské práce provede student také vlastní dopravní průzkum, jeho vyhodnocení a analýzu dopravní nehodovosti řešené lokality.

V textové části bude popsán stávající stav, vyhodnocení nehodovosti, vlastní dopravní průzkum a jeho vyhodnocení. Dále budou v práci popsány jednotlivé varianty navrhovaných řešení a zhodnocení finančních nákladů a záborů pozemků. V závěru práce bude provedeno multikriteriální hodnocení navržených variant a doporučení výsledné varianty.

Výkresová část práce bude obsahovat výkres širších vztahů, stávajícího stavu, výkresy variantního řešení křižovatky silnic II/430 a III/3833 u Šlapanic. Doporučená varianta bude podrobněji rozpracována. Tato varianta obsahovat vzorový příčný řez, záborový elaborát, výkres dopravního značení, výkresy rozhledových trojúhelníků, výkresy vlečných křivek vozidel a případné další výkresy dle pokynů vedoucího práce.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 73 6101 Projektování silnic a dálnic

ČSN 73 6102 Projektování křižovatek na pozemních komunikacích

ČSN 73 6110 Projektování místních komunikací

TP 135 Projektování okružních křižovatek na silnicích a místních komunikacích

a dále vyhlášky, normy, technické podmínky a předpisy potřebné pro zpracování zadaného tématu

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jan Petřů, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2017

Datum odevzdání: 04.05.2018



Ing. Ivan Fencel, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Čajka, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem veškeré použité zdroje a literaturu.

V Ostravě 4.5. 2018

..... Rumler Ondřej

podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užití dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněná v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- Beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 4.5. 2018

..... Rumler Indrěj

podpis studenta

Anotace

RUMLER, Ondřej. *Návrh variantního řešení křižovatky silnic II/430 a III/3833 u Šlapanic*. Bakalářská práce. VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, 2018, 60 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Petrů Ph.D.

Předmětem bakalářské práce je zhodnocení stávajícího stavu křižovatky a navrhnout nové variantní návrhy křižovatky silnic II/430 a III/3833 u Šlapanic. Součástí práce je i vykonání dopravního průzkumu a jeho následné vyhodnocení včetně analýzy nehodovosti. Celkem byly navrhnuté tři nové varianty řešení, které by pomohly zvýšit bezpečnost na křižovatce a celkovou plynulost provozu. Na závěr byly jednotlivé varianty mezi sebou porovnány podle multikriteriálního hodnocení a vybraná nejvhodnější varianta byla podrobněji rozpracována.

Klíčová slova

křižovatka, multikriteriální hodnocení, kapacita, dopravní průzkum, dopravní nehodovost, okružní křižovatka, stávající stav, úroveň kvality dopravy

Annotation

RUMLER, Ondřej. *Proposal for a Variant Solution of the Intersection of Roads II/430 and III/3833 at Slapanice*. Bachelor thesis. VŠB-TU Ostrava, Faculty of Civil Engineering, 2018, 60 s. Supervisor of thesis Ing. Jan Petrů Ph.D.

The subject of this bachelor thesis is the evaluation of the existing state and suggest new variant solutions of the intersection of Roads II/430 and III/3833 at Slapanice. The part of the thesis is also the execution of the transport survey and its results including the traffic accident analysis. Altogether were suggested three new variant solutions to help increase traffic safety and overall flow of the traffic. At the end all the variants were compared with each other according to the multi-criteria evaluation and the most suitable variant was elaborated in more detail.

Key words

intersection, multi-criteria evaluation, capacity, transport survey, traffic accidents, circular intersection, existing state, level of transport quality

Obsah

Seznam použitých zkratk	9
Seznam použitých veličin	10
1 Úvod	11
2 Poloha a stávající stav křižovatky	12
2.1 Širší vztahy	12
2.2 Stávající stav	13
2.3 Dopravní značení	14
2.4 Shrnutí stávajícího stavu	18
3 Dopravní průzkum	19
3.1 Údaje a cíl měření	19
3.2 Dopravní proudy	19
3.3 Sčítání dopravy	20
3.4 Intenzita špičkové hodiny	21
4 Posouzení kapacity křižovatky	23
4.1 Stupně podřazenosti dopravních proudů	23
4.2 Rozhodující intenzity	24
4.3 Kritické mezery	25
4.4 Následné mezery	25
4.5 Základní kapacita dopravních proudů	26
4.6 Výsledná kapacita dopravních proudů	26
4.7 Stupeň vytížení	28
4.8 Rezerva kapacity	28
4.9 Střední doba zdržení a úroveň kvality dopravy	29
4.10 Délka fronty va vjezdech $N_{95\%}$	31
5 Stanovení ročního průměru denních intenzit	32
5.1 Stanovení padesátirázové intenzity	33
6 Výhledová intenzita automobilové dopravy	34
7 Nehodovost na křižovatce	35
8 Návrhová část	37
8.1 Varianta 1	37
8.1.1 Návrhové parametry	37
8.1.2 Kapacitní posouzení na výhledový rok	39

8.1.3	Shrnutí 1. Varianty.....	40
8.2	Varianta 2.....	40
8.2.1	Návrhové parametry.....	41
8.2.2	Kapacitní posouzení na výhledový rok.....	43
8.3	Varianta 3.....	44
8.3.1	Odbočovací pruh vlevo.....	44
8.3.2	Přidatný pruh pro odbočení vpravo.....	46
8.3.3	Kapkovité ostrůvky.....	48
8.3.4	Nároží na vedlejší komunikaci.....	48
8.3.5	Kapacitní posouzení na výhledový rok.....	48
9	Multikriteriální vyhodnocení.....	49
9.1	Zdůvodnění hodnotících kritérií.....	49
9.2	Vyhodnocení a doporučení nejvhodnější varianty.....	51
10	Doporučená varianta	52
10.1	Dopravní značení	52
10.2	Skladba vozovky	53
10.3	Ověření vléčných křivek	54
10.4	Rozhledové poměry	55
10.5	Orientační rozpočet.....	55
11	Závěr.....	56
12	Seznam použité literatury a zdrojů.....	57
13	Seznam obrázků	58
14	Seznam tabulek	59
15	Seznam příloh.....	59

Seznam použitých zkratk

ČSN	česká technická norma
LV	lehká vozidla
TV	těžká vozidla
TP	technické podmínky
ÚKD	úroveň kvality dopravy
O	osobní vozidlo
A	autobus
N	nákladní automobil
M	motocykl
K	nákladní souprava
voz	vozidla
pvoz	přepočtená vozidla

Seznam použitých veličin

I_{sh}	intenzity špičkové hodiny [voz/h]
I_H	rozhodující intenzity [voz/h]
t_g	kritické mezery [s]
t_f	následné mezery [s]
G_n	základní kapacita [pvoz/h]
C_n	výsledná kapacita [pvoz/h]
p_i	pravděpodobnost nevzdutého stavu [-]
a_v	stupeň vytížení [-]
REZ	rezerva kapacity [pvoz/h]
$N_{95\%}$	délka fronty na vjezdech [m]
RPDI	roční průměr denních intenzit dopravy [voz/den]
I_{50}	padesátirázová intenzita [voz/den]
I_t	týdenní průměr denních intenzit [voz/den]
$k_{t, RPDI}$	přepočtový koeficient týdenního průměru denních intenzit [-]
I_v	výhledová intenzita [voz/den]
δ	odchylka přesnoti RPDI [%]
I_m	intenzita dopravy v době dopravního průzkumu [voz/2,5h]
t_w	střední doba zdržení [s]

1 Úvod

Úkolem bakalářské práce bylo navrhnout variantní řešení křižovatky silnic II/430 III/3833 u Šlapanic. V rámci této práce byl proveden dopravní průzkum a následný výpočet intenzit jednotlivých dopravních proudů včetně určení úrovně kvality dopravy. Podle dopravního průzkumu bylo zjištěno, že křižovatka v současném stavu není dostačující z hlediska bezpečnostního i kapacitního.

Dále jsem se zabýval analýzou dopravní nehodovosti na základě jednotné dopravní vektorové mapy, zjištěním příčin dopravních nehod na dané křižovatce.

Navrhnul jsem tři různé varianty řešení, které jsem dále zhodnotil multikriteriálním hodnocením a doporučenou variantu detailněji rozpracoval. Mým cílem bylo navrhnout takovou variantu, při které zvýším bezpečnost i plynulost na dané křižovatce a tím snížit nehodovost a délky front na vjezdech vedlejší komunikace.

Doporučená varianta je podrobněji rozpracovaná včetně návrhu svislého i vodorovného dopravního značení a rozhledovými trojúhelníky pro každé rameno křižovatky. Křižovatka byla ověřena i průjezdností nákladních souprav a autobusy pomocí vléčných křivek v programu AutoTURN. Dále je pro doporučenou variantu navrhnutá skladba vozovky a vypracovaný vzorový příčný řez. Na závěr je varianta posouzena z předběžného výpočtu rozpočtu nákladů pro danou variantu.

V přílohách jsou doložené informace intenzit dopravy získané z dopravního průzkumu, dále posouzení kapacit dopravních proudů, určení ročního průměru denních intenzit a prognóza intenzit automobilové dopravy. Výkresová část obsahuje výkres širších vztahů, stávajícího stavu, výkresy navržených variant a další výkresy spojené s doporučenou variantou této křižovatky.

2 Poloha a stávající stav křižovatky

2.1 Širší vztahy

Řešená křižovatka se nachází v extravilánu v Jihomoravském kraji přibližně 10 km východně od Brna. Hlavní komunikací je silnice II/430 z města Brno do města Vyškov, která se v řešené křižovatce kříží se silnicí III/3833 ve směru Velatice a se silnicí III. třídy ve směru Šlapanice. Křižovatka leží v katastrálním území Podolí u Brna [724254], vedle dálnice D1 a 850 m od návrší Žuráň, ze kterého 2. prosince roku 1805 řídil bitvu u Slavkova Napoleon Bonaparte. Vzhledem k častým opravám dálnice D1 mezi městy Brno a Vyškov se velká intenzita vozidel přenáší právě na komunikaci II/430, která je vhodnou alternativou pro silniční přepravu mezi právě těmito městy. Ve směru Šlapanice po silnici III. třídy se nachází výrobní stavebních materiálů TONDACH a naopak u silnice III/3833 po směru Velatice se nachází cementárna Mokrý, to způsobuje vyšší intenzitu nákladních vozidel na řešené křižovatce.



Obr. 1: Poloha řešené křižovatky [11]

2.2 Stávající stav

Jedná se o úrovnňovou neřízenou průsečnou křižovatku se čtyřmi rameny. Hlavní i vedlejší komunikace jsou dvoupruhové směrově nerozdělené. Na hlavní komunikaci II/430 ze směru Brno je silnice rozšířená o samostatný pruh pro odbočení vpravo oddělený od hlavní komunikace dělicím ostrůvkem. Dělicí ostrůvek je zde umístěn pro větší bezpečnost a plynulost nejintenzivnějšího dopravního pruhu řešené křižovatky. Ostrůvek je trojúhelníkového tvaru s vegetačním povrchem a výmerou přibližně 12 m². Slouží i pro umístění svislého dopravního značení č. P2 „hlavní komunikace“ která určuje přednost v jízdě pro vozidla jedoucí z komunikace III/3833 ve směru Šlapanice, před vozidly samostatného pruhu odbočujících vpravo z komunikace II/430. Obě komunikace jsou vybudované v mírném násypu. Na vedlejších komunikacích není viditelné vodorovné dopravní značení, což způsobuje problémy při řazení dopravních vozidel a stav vozovky též není příliš dobrý, na povrchu vozovky jsou trhlinky a vedlejší komunikace ve směru Šlapanice není v zimě udržována. Na podzim roku 2017 proběhla na křižovatce změna organizace dopravy, kde bylo především upravené vodorovné dopravní značení za účelem dosáhnutí větší plynulosti a lepší orientaci na křižovatce.



Obr. 2: Letecký snímek a znázornění ramen křižovatky [12]

2.3 Dopravní značení

Rameno A

Je to hlavní komunikace ze směru města Brno, která má přibližně 300 m od hranic křižovatky na obou stranách svislé dopravní značení č. P 1 „Křižovatka s vedlejší pozemní komunikací“ se značkou č. B 20a „Nejvyšší dovolená rychlost“ pro snížení rychlosti z původních 90 km/h na 70 km/h. Následuje směrová tabule 250 m od hranic křižovatky se značkami IS 3a „Směrová tabule (s jedním cílem)“ směrem na Vyškov, IS 3d „Směrová tabule (s dvěma cíli)“ cílené na obce Hoštěnice a Mokrý a značkou IS 4c „Směrová tabule (s jedním místním cílem)“ na cementárnu Mokrý. Přibližně 250 m od hranic je svislá dopravní značka č. IP 19 „Řadící pruhy“ a 50 m před touto značkou začíná vodorovný dopravní stín dlouhý 70 m se značením č. V 13a „Šikmé rovnoběžné čáry“ a směrovými sloupky č. Z11H „Balisety“. Dopravní stín zde rozděluje komunikaci II/430 na 3 jízdní pruhy, které vzniknou plynulým rošířením značení č. V 4 „Vodící proužek“ na okraje zpevněné krajnice. Tím vznikl dopravní pruh pro odbočení vlevo směrem Velatice, který je ohraničen vodorovným značením zprava č. V 2b „Podélná čára přerušovaná“ a zleva č. V 1b „Dvojitá podélná čára souvislá“ pro oddělení protisměrných jízdních pruhů.



Obr. 3: Dopravní stín ramene A [11]

Před hranicí křižovatky je odbočovací pruh vlevo ukončený vodorovným značením č. V 5 „Příčná čára souvislá“ šířky 0,5 m. Před značením č. V 5 je pro lepší přehlednost z pravé strany vodorovné značení č. V 1b „Dvojitá podélná čára souvislá“ dlouhá 30 m, podél kterých jsou umístěny směrové sloupky č. Z11H „Balisety“. Dále jsou tu vodorovné směrové šipky č. V 9a pro odbočení vpravo, vlevo a rovný proud, které jsou umístěny ve vzdálenostech 20 m od sebe.



Obr. 4: Pohled z ramene A na křižovatku

Před odbočovacím pruhem vpravo je osazena svislá dopravní značka č. P 4 „Dej přednost v jízdě!“ včetně vodorovného značení č. V 15 „Dej přednost v jízdě!“ na odbočovacím pruhu, pro dodržení přednosti v jízdě dopravních vozidel jedoucích z komunikace III/3833 na komunikace III. třídy ve směru Šlapanice. V odbočovacím pruhu jsou také znázorněné směrové šipky, které jsou značeny č. V 9a pro odbočení vpravo a od silnice III. třídy je pruh oddělen značením č. V 2b „Podélná čára přerušovaná“ šířky 0,25 m.

Rameno B

Zahrnuje komunikaci III/3833 ze směru Velatice. Tahle komunikace bohužel nemá viditelné vodící proužky V 4, ale od hranic křižovatky alespoň rozděluje pruhy vodorovné značení č. V 1a „Podélná čára souvislá“ délky 30 m. Od hlavní komunikace je oddělena vodorovným značením č. V 2b „Podélná čára přerušovaná“ šířky 0,25 m. Před hranicí křižovatky je také osazena značka č. P 4 „Dej přednost v jízdě!“ pro dodržení přednosti dopravních vozidel jedoucích po hlavní komunikaci.



Obr. 5: Pohled z ramene B na křižovatku

Rameno C

Pokračující hlavní komunikace II/430 ve směru Vyškov má od hranic křižovatky po dopravní stín 2 dopravní pruhy pro dopravní vozidla ve směru Vyškov a jeden dopravní pruh ze směru města Vyškov. Prostřední dopravní pruh je rozdělen svislým dopravním značením v podobě směrových sloupků č. Z11H „Balisety“ a vodorovných značením zprava č. V 1a „Podélná čára souvislá“ délky 30 m, na kterou následuje č. V 3 „Podélná čára souvislá doplněná čarou přerušovanou“ a zleva značení č. V 1b „Dvojitá podélná čára souvislá“ pro oddělení protisměrných jízdních pruhů. V jednotlivých dopravních pruzích u hranic křižovatek mají vodorovné značení V 9a „Směrové šipky“ a přibližně 50 m jsou

v prostředním pruhu zaznačeny směrové šipky č. V 9c „Předběžné šipky“, které poukazují na sjednocení pruhů ve směru Vyškov. Sjednocení dopravních pruhů je znázorněno dopravním stínem délky 70 m, ve kterém je značení č. V 13a „Šikmé rovnoběžné čáry“ a směrové sloupky č. Z11H „Balisety“. Za dopravním stínem je už hlavní komunikace opět dvoupruhová rozdělená značením č. V 1a „Podélná čára souvislá“ délky 30 m, na kterou navazuje značení č. V 2b „Podélná čára přerušovaná“. Za dopravním stínem vodící proužky č. V 4 opět zúží jízdní pruh na původní šířku jízdního pruhu a zpevněných krajnic.



Obr. 6: Pohled z ramene C na křižovatku [11]

Svislé dopravní značení ramene C zahrnuje přibližně 250 m od hranic křižovatky značení č. P 1 „Křižovatka s vedlejší pozemní komunikací“ se značkou č. B 20a „Nejvyšší dovolená rychlost“ pro snížení rychlosti z původních 90 km/h na 70 km/h. Dále poté směrovou tabuli 80 m od hranic křižovatky se značkami IS 3a „Směrová tabule (s jedním cílem)“ směrem na Brno, IS 3d „Směrová tabule (s dvěma cíli)“ cílené na obce Hoštěnice, Mokrá a značkou IS 4c „Směrová tabule (s jedním místním cílem)“ na cementárnu Mokrá. Necelých 40 m od hranic křižovatky se ještě vyskytuje značka IS 24a „Kulturní nebo turistický cíl“ s cílem na penzion Žlutý dům a Aquaterm ve směru Šlapanice silnice III. třídy.

Rameno D

Obdobně jako u ramene B komunikace III/3833 ve směru Velatice i tady není viditelné vodorovné dopravní značení č. V 4 „Vodící proužek“, pouze vodorovné značení č. V 1a „Podélná čára souvislá“ délky 30 m, která rozděluje komunikaci na dva jízdní pruhy. Přibližně 70 m od hranic křižovatky je značka č. IP 22 „Změna místní úpravy“, která řidiče upozorňuje na změnu organizace dopravy. Před hranicí křižovatky je osazena značka č. P 4 „Dej přednost v jízdě!“ pro dodržení přednosti dopravních vozidel jedoucích po hlavní komunikaci. Dále je po pravé straně ze směru z křižovatky značení č. E 13, která upozorňuje řidiče, že se silnice v zimě neudrží a značka B 20a 60 „Nejvyšší dovolená rychlost“, která patří k dodatkové tabuli č. E 13 a omezuje řidiče na maximální rychlost 60 km/h právě v zimním období, kdy se silnice neudrží a je v horším stavu.



Obr. 7: Pohled z ramene D na křižovatku

2.4 Shrnutí stávajícího stavu

Změna organizace dopravy v podobě dopravního značení pomohlo stávajícímu stavu k plynulejší a přehlednější jízdě. Převážně to pomohlo hlavní komunikaci II/430 ze směru města Brno, kde přibyl odbočovací pruh vlevo a odlehčil nejintenzivnější dopravní proud křižovatky. Bohužel délky fronty na vjezdech vedlejších komunikaci jsou stále velmi vysoké a vzhledem k častému nerespektování maximální rychlosti na hlavní komunikaci, či nedání přednosti v jízdě řidičům na hlavní komunikaci, je nehodovost na této křižovatce vysoká.

3 Dopravní průzkum

3.1 Údaje a cíl měření

Cílem dopravního průzkumu bylo zjištění intenzity všech dopravních proudů řešené křižovatky včetně sledování chování řidičů, jejich respektování návrhové rychlosti, čekací doby vozidel na vedlejší komunikaci a dalších potenciálních nedostatků současného stavu křižovatky.

Průzkum byl proveden v běžný pracovní den a to ve čtvrtek 2. 11. 2017. Celková doba dopravního průzkumu byla 2,5 hodiny od 14:30 do 17:00. Počasí bylo zatažené s teplotou okolo 8 °C. Vzhledem k vysoké intenzitě dopravních vozidel, byla po celou dobu průzkumu využívána kamera a většinu intenzit dopravních proudů se sčítala až doma z videozáznamu. Sčítání dopravních vozidel bylo provedeno v intervalech každých 15 minut. Dopravní intenzity jsem rozdělil do 5 skupin a to:

O – osobní automobil

M – motocykl

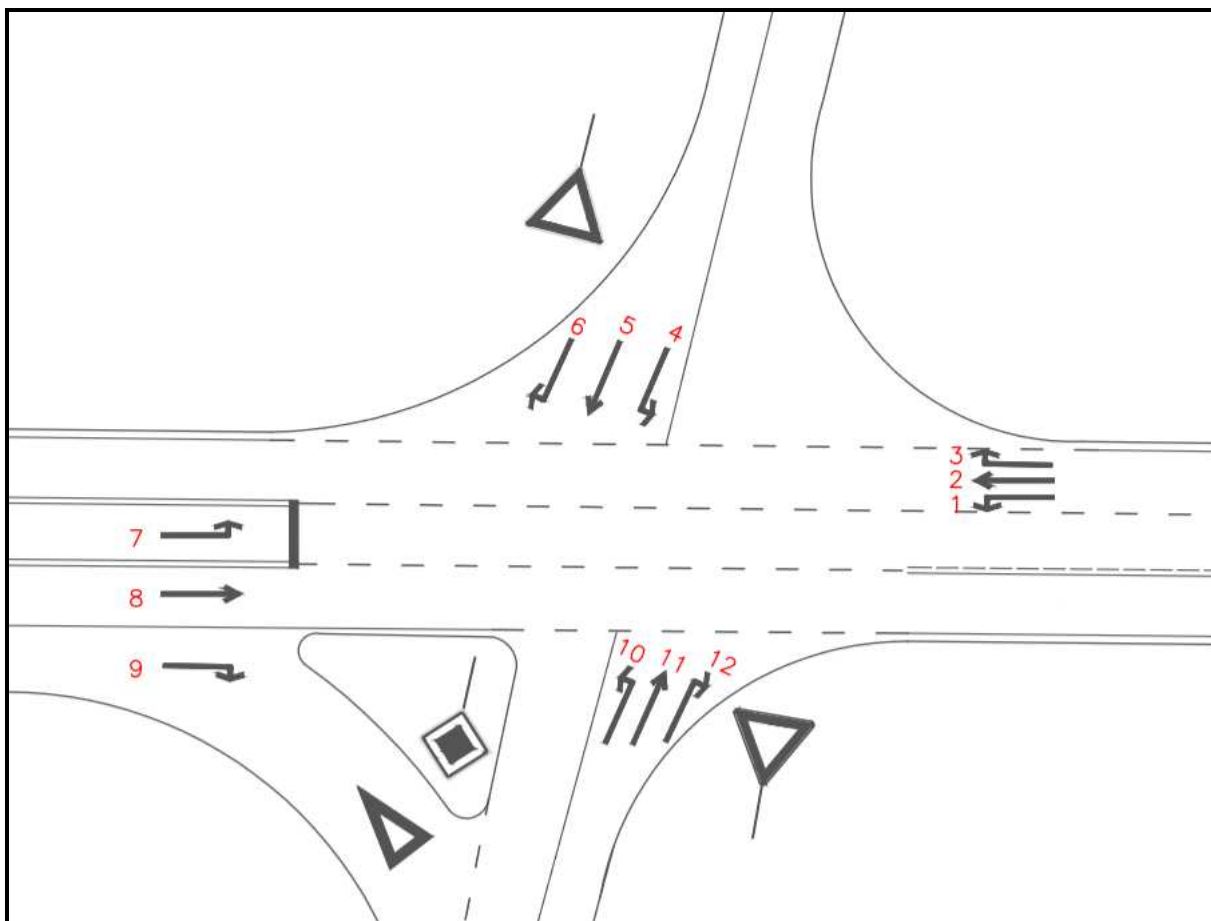
N – nákladní automobil

A – autobus

K – nákladní soupravy

3.2 Dopravní proudy

Na křižovatce je celkem 12 dopravních proudů. Číslování bylo provedeno dle TP 188 [3]. Zásadní rozdíl je pouze v dopravním proudu číslo 9 z hlavní komunikace, který má samostatný odbočovací pruh na vedlejší komunikaci a dává přednost vozidlům jedoucím v přímém směru z vedlejší komunikace III/3833.



Obr. 8: Číslování dopravních proudů

3.3 Sčítání dopravy

Během dopravního průzkumu bylo nasčítáno 3265 vozidel. Největší podíl měly osobní vozidla, kterých bylo nasčítáno 2993. Poměrně velké zastoupení tu bylo i nákladních automobilů (122) a nákladních souprav (73), jejichž příčinou je blízká lokalita cementárny Mokrá ve směru vedlejší komunikace III/3833 a výroby stavebních materiálů TONDACH ve směru Šlapanice. Autobusy (54) a motocykly (21) zde představují již menší zastoupení. Přehled naměřených hodnot za dobu průzkumu je uveden v tabulce 1.

Tabulka 1: Naměřené hodnoty za dobu dopravního průzkumu

Čas	O	N	K	A	M	Vozidla
14:30 - 14:45	304	17	6	5	2	334
14:45 - 15:00	325	10	11	6	3	355
15:00 - 15:15	316	14	9	6	1	346
15:15 - 15:30	295	20	7	4	1	327
15:30 - 15:45	318	12	7	7	3	347
15:45 - 16:00	300	12	4	4	4	325
16:00 - 16:15	272	4	9	6	4	296
16:15 - 16:30	290	16	6	6	2	320
16:30 - 16:45	292	10	4	6	0	312
16:45 - 17:00	281	7	10	4	1	303
SUMA	2993	122	73	54	21	3265

3.4 Intenzita špičkové hodiny

Špičková hodina byla určena jako maximální hodinová intenzita za celou dobu dopravního průzkumu. Výsledná špičková hodina byla od 14:45-15:45 s celkovým počtem 1447 [voz/h]. Hodnoty jsou uvedené v tabulce č. 2.

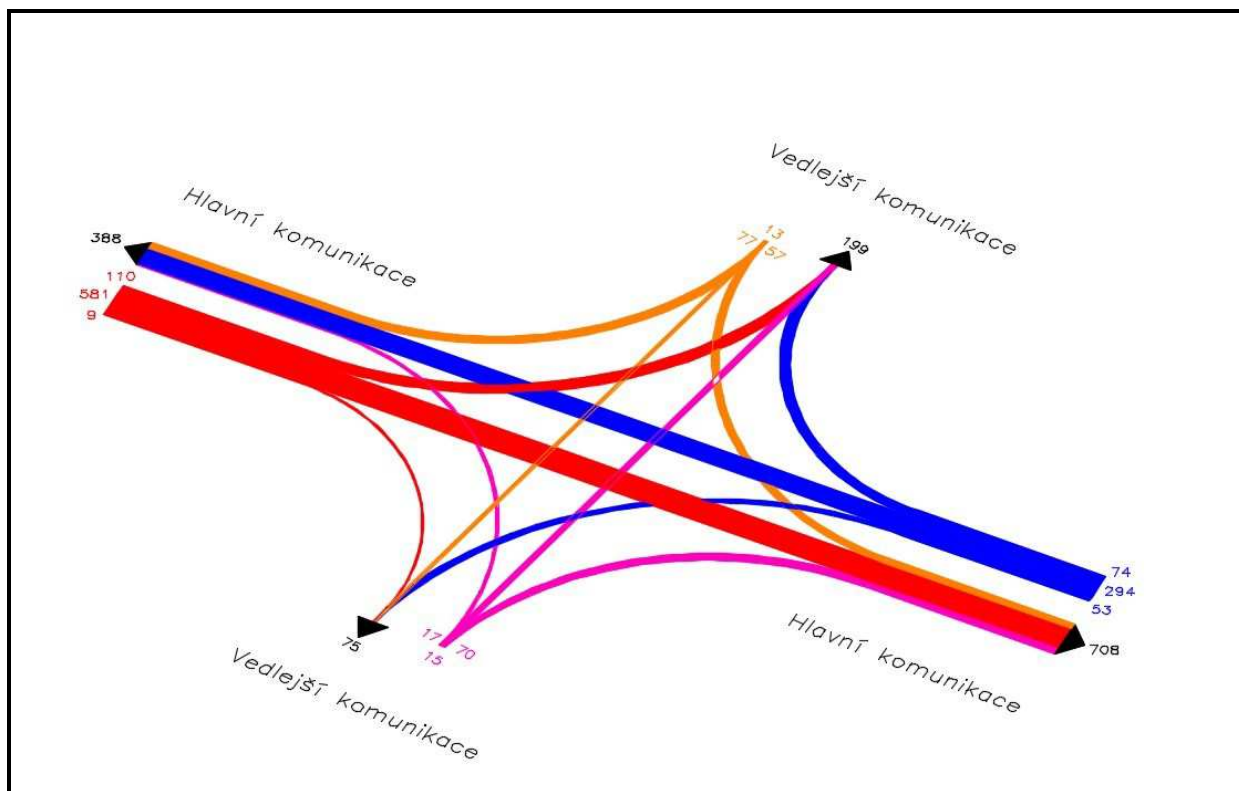
$$I_{sh} = \max \{I_h\}$$

$$I_{sh} = \max \{1362; 1370; 1345; 1295; 1288; 1253; 1231\}$$

$$I_{sh} = \mathbf{1370 \text{ [voz/h]}}$$

Tabulka 2: Stanovení špičkové hodiny

Čas	[voz/h]
14:30-15:30	1362
14:45-15:45	1370
15:00-16:00	1345
15:15-16:15	1295
15:30-16:30	1288
15:45-16:45	1253
16:00-17:00	1231



Obr. 9: Pentlogram špičkové hodiny [voz/h]

Tabulka 3: Naměřené hodnoty intenzit špičkové hodiny

Rameno	Číslo proudu	O	N	K	A	M	Vozidla [voz/h]	Přepočtená vozidla [pvoz/h]
D	11	14	1	0	0	0	15	16
	10	15	1	1	0	0	17	19
	12	60	6	2	0	2	70	73
B	5	12	1	0	0	0	13	14
	6	75	1	1	0	0	77	79
	4	46	4	7	0	0	57	66
A	9	9	0	0	0	0	9	9
	7	101	7	2	0	0	110	116
	8	550	14	3	14	6	581	598
C	1	50	0	3	0	0	53	56
	2	261	16	8	9	0	294	315
	3	61	5	8	0	0	74	85
							1370	1446

4 Posouzení kapacity křižovatky

Posouzení kapacit křižovatky jsem provedl na základě TP 188 [3]. Pro výpočet jsem použil přepočtené intenzity špičkové hodiny naměřené za dobu dopravního průzkumu [pvoz/h], jejichž přepočtové koeficienty jsou uvedené v tabulce č. 4. Celkový výpočet posouzení kapacity se nachází v textové příloze č. 1.

Tabulka 4: Doporučené přepočtové koeficienty skladby dopravních proudů [3]

<i>Typ křižovatky</i>	<i>Jízdní kola</i>	<i>Motocykly</i>	<i>Osobní vozidla^{a)}</i>	<i>Nákladní vozidla, autobusy^{b)}</i>	<i>Nákladní soupravy, kloubové autobusy</i>
Průměrné a stykové	0,5	0,8	1,0	1,5	2,0
a) Včetně nákladních vozidel do 3,5 t celkové hmotnosti					
b) Nákladní voz. nad 3,5 t celkové hm. mimo nákl. souprav a autobusy mimo kloubové autobusy					

4.1 Stupně podřazenosti dopravních proudů

Jelikož se jedná o výpočet neřízené úrovně průměrné křižovatky, má řešená situace 4 stupně podřazenosti. Číslování dopravních proudů je znázorněno na obrázku č. 8.

Proudy 1. Stupně podřazenosti

Jedná se o proudy 8, 2 a 3, které jsou na hlavní komunikaci, nemusí nikomu dávat přednost v jízdě a nejsou jinými dopravními proudy nijak omezovány.

Proudy 2. Stupně podřazenosti

Patří sem proudy 1, 7, 6, 12 a 9. Proudy 1 a 7 odbočují vlevo z hlavní komunikace, proudy 6 a 12 odbočují vpravo z vedlejší komunikace a proud 9, který má samostatný odbočovací pruh z hlavní komunikace a dává přednost v jízdě dopravnímu proudu č. 5.

Proudy 3. Stupně podřazenosti

Třetí stupeň podřazenosti zahrnuje proudy 5 a 11. Jedná se o proudy vedlejších komunikací, které projíždí křižovatkou na protější vedlejší komunikaci.

Proudy 4. Stupně podřazenosti

To jsou proudy 10 a 4, které odbočují vlevo z vedlejší komunikace na komunikaci hlavní. Tyhle proudy musí dávat přednost všem nadřazeným proudům.

4.2 Rozhodující intenzity

Dopravní proudy 1. stupně nemají žádný nadřazený stupeň, a proto se zde neposuzují. Rozhodující intenzity ostatních stupňů podřazenosti jsem vypočetl podle tabulky č. 5.

Tabulka 5: Součet intenzit nadřazených proudů na průsečné křižovatce [3]

Podřazený proud	Číslo	Součet intenzit nadřazených proudů [voz/h]
Pravé odbočení z hlavní	9	I_5
Levé odbočení z hlavní	1	$I_8 + I_9$
	7	$I_2 + I_3$
Pravé odbočení z vedlejší	6	$I_2^{2)} + 0,5 \cdot I_3^{1)}$
	12	$I_8^{2)} + 0,5 \cdot I_9^{1)}$
Přímý průjezd z vedlejší	5	$I_2 + 0,5 \cdot I_3^{1)} + I_8 + I_9 + I_1 + I_7$
	11	$I_8 + 0,5 \cdot I_9^{1)} + I_2 + I_3 + I_1 + I_7$
Levé odbočení z vedlejší	4	$I_2 + 0,5 \cdot I_3^{1)} + I_8 + 0,5 \cdot I_9^{1)} + I_1 + I_7 + I_{12} + I_{11}$
	10	$I_8 + 0,5 \cdot I_9^{1)} + I_2 + 0,5 \cdot I_3^{1)} + I_1 + I_7 + I_6 + I_5$
1) Pokud má dopravní proud 3 nebo 9 samostatný jízdní pruh: $I_3=0$; $I_9=0$		
2) Když má dopravní proud 2 nebo 8 dva jízdní pruhy, použije se intenzita dopravního proud pro pravý jízdní pruh: $I_2/2$; $I_8/2$		

Hodnoty rozhodujících intenzit:

$$I_{H9} = 14 \text{ [pvoz/h]}$$

$$I_{H1} = 607 \text{ [pvoz/h]}$$

$$I_{H7} = 400 \text{ [pvoz/h]}$$

$$I_{H6} = 200 \text{ [pvoz/h]}$$

$$I_{H12} = 598 \text{ [pvoz/h]}$$

$$I_{H5} = 1137 \text{ [pvoz/h]}$$

$$I_{H11} = 1170 \text{ [pvoz/h]}$$

$$I_{H4} = 1217 \text{ [pvoz/h]}$$

$$I_{H10} = 1221 \text{ [pvoz/h]}$$

4.3 Kritické mezery

Střední hodnoty kritických časových mezer t_g jsou závislé na druhu dopravního proudu a na maximální rychlosti na hlavní komunikaci. Rychlost na hlavní komunikaci řešené křižovatky je 70 km/h. Hodnoty t_g pro jednotlivé dopravní proudy jsou vypsány v tabulce č. 6

Tabulka 6: Střední hodnoty kritických časových odstupů t_g [3]

Dopravní proud	Rychlost jízdy na hlavní komunikaci $V_{85\%} = 70$ [km/h]
	t_g
7/1/	4,9
6/12/9	5,5
5/11	6,9
4/10	6,7

4.4 Následné mezery

Střední hodnoty následných časových odstupů t_f jsou závislé na druhu dopravního proudu a na organizaci přednosti v jízdě řešené křižovatky. Přednost v jízdě je v tomto případě upravena značkou P 4 „Dej přednost v jízdě!“. Hodnoty t_f pro jednotlivé dopravní proudy jsou vypsány v tabulce č. 7

Tabulka 7: Střední hodnoty následných časových odstupů t_f [3]

Dopravní proud	t_f
	P 4 „Dej přednost v jízdě!“
7/1/	2,6s
6/12/9	3,1s
5/11	3,3s
4/10	3,5s

4.5 Základní kapacita dopravních proudů

Základní kapacitou se označuje maximální množství vozidel z proudu podřazeného, které projíždí křižovatkou v dané časové mezeře mezi vozidly dopravních proudů nadřazených. Základní kapacita proudů 1. stupně se všeobecně udává hodnotou 1800 [pvoz/h].

Pro výpočet základních kapacit 2., 3. a 4. stupně se udává vztah:

$$G_n = \frac{3600}{t_f} \cdot e^{-\frac{I_H}{3600}(t_g - \frac{t_f}{2})}$$

Základní kapacity jednotlivých dopravních proudů:

$G_8 = 1800$ [pvoz/h]	$G_2 = 1800$ [pvoz/h]	$G_3 = 1800$ [pvoz/h]
$G_9 = 1144$ [pvoz/h]	$G_1 = 755$ [pvoz/h]	$G_7 = 929$ [pvoz/h]
$G_6 = 933$ [pvoz/h]	$G_{12} = 603$ [pvoz/h]	$G_5 = 208$ [pvoz/h]
$G_{11} = 199$ [pvoz/h]	$G_4 = 193$ [pvoz/h]	$G_{10} = 192$ [pvoz/h]

4.6 Výsledná kapacita dopravních proudů

Výsledná kapacita pro dopravní proudy 1. stupně je rovna 1800 [pvoz/h]. Pro 2. stupeň podřazenosti je výsledná kapacita rovna základní kapacitě dopravního proudu. Pro stanovení výsledné kapacity 3. a 4. stupně podřazenosti je potřeba do výpočtu výsledné kapacity zahrnout pravděpodobnostní hodnotu současného nevzdutí proudů.

Výsledné kapacity proudů 1. stupně podřazenosti:

$C_8 = 1800$ [pvoz/h]	$C_2 = 1800$ [pvoz/h]	$C_3 = 1800$ [pvoz/h]
-----------------------	-----------------------	-----------------------

Výsledné kapacity proudů 2. stupně podřazenosti:

$C_9 = 1144$ [pvoz/h]	$C_7 = 929$ [pvoz/h]	$C_6 = 933$ [pvoz/h]
-----------------------	----------------------	----------------------

$$C_1 = 755 \text{ [pvoz/h]}$$

$$C_{12} = 603 \text{ [pvoz/h]}$$

Výsledné kapacity proudů 3. stupně podřazenosti:

U výsledné kapacity dopravních proudů 3. stupně bylo důležité započítat pravděpodobnostní hodnotu současného nevzdutí dopravního proudu $p_{0,1}$ a $p_{0,7}$. V případě výpočtu $p_{0,1}$, dopravní proud odbočující z hlavní komunikace vlevo, nemá svůj samostatný pruh, a proto se výpočty pravděpodobností lehce odlišují a stanoví se vztahy:

$$p_{0,1}^{**} = \max \left\{ \frac{1 - (I_1/C_1 + I_2/C_2 + I_3/C_3)}{0} \right\} = 0,704$$

$$p_{0,7} = \max \left\{ \frac{1 - I_7/C_7}{0} \right\} = 0,875$$

$$p_x = p_{0,1}^{**} \cdot p_{0,7} = 0,616$$

Výsledné kapacity C_5 a C_{11}

$$C_5 = p_x \cdot G_5 = 129 \text{ pvoz/h}$$

$$C_{11} = p_x \cdot G_{11} = 123 \text{ pvoz/h}$$

Výsledné kapacity proudů 4. stupně podřazenosti:

Při stanovení výsledné kapacity 4. stupně bylo nutné započítat pravděpodobnost současného nevytvoření se kolony v proudech 2. a 3. stupně. Pravděpodobnost současného nevzdutí dopravních proudů $p_{0,i}$ se stanoví podle vztahu:

$$p_{0,5} = \max \left\{ \frac{1 - I_5/C_5}{0} \right\} = 0,891$$

$$p_{0,11} = \max \left\{ \frac{1 - I_{11}/C_{11}}{0} \right\} = 0,870$$

$$p_{0,12} = \max \left\{ \frac{1 - I_{12}/C_{12}}{0} \right\} = 0,879$$

$$p_{0,6} = \max \left\{ \frac{1 - I_6/C_6}{0} \right\} = 0,915$$

Pravděpodobnost současného nevzdutí dopravních proudů $P_{z,n}$ se stanoví podle vztahu:

$$p_{z,n} = \frac{1}{1 + \frac{1 - p_x}{p_x} + \frac{1 - p_{0,n}}{p_{0,n}}}$$

$$p_{z,5} = \frac{1}{1 + \frac{1-0,616}{0,616} + \frac{1-0,891}{0,891}} = 0,573 \quad p_{z,11} = \frac{1}{1 + \frac{1-0,616}{0,616} + \frac{1-0,870}{0,870}} = 0,564$$

Výsledné kapacity C_4 a C_{10}

$$C_4 = p_{z,11} \cdot p_{0,12} \cdot G_4 = 96 \text{ pvoz/h}$$

$$C_{10} = p_{z,5} \cdot p_{0,6} \cdot G_{10} = 101 \text{ pvoz/h}$$

4.7 Stupeň vytížení

Aby nebyla překročena kapacita řešené křižovatky, je nutné aby stupeň vytížení $a_{v,i}$ byl menší než jedna. Stupeň vytížení je dán vztahem:

$$a_{v,i} = \frac{I_i}{C_i}$$

$$a_{v,4} = 0,688$$

$$a_{v,10} = 0,188$$

$$a_{v,1} = 0,074$$

$$a_{v,5} = 0,109$$

$$a_{v,11} = 0,130$$

$$a_{v,2} = 0,175$$

$$a_{v,6} = 0,085$$

$$a_{v,12} = 0,121$$

$$a_{v,3} = 0,047$$

$$a_{v,8} = 0,332$$

$$a_{v,7} = 0,125$$

$$a_{v,9} = 0,008$$

4.8 Rezerva kapacity

Rezerva kapacity vychází z výsledných kapacit jednotlivých dopravních proudů, které by měly být vyšší než intenzita daného dopravního proudu. Rezerva kapacity se stanoví na základě vztahu:

$$Rez_1 = C_i - I_i$$

$$Rez_1 = 699 \text{ pvoz/h}$$

$$Rez_2 = 1485 \text{ pvoz/h}$$

$$Rez_3 = 1715 \text{ pvoz/h}$$

$$Rez_4 = 30 \text{ pvoz/h}$$

$$Rez_5 = 115 \text{ pvoz/h}$$

$$Rez_6 = 854 \text{ pvoz/h}$$

$$Rez_7 = 813 \text{ pvoz/h}$$

$$Rez_8 = 1202 \text{ pvoz/h}$$

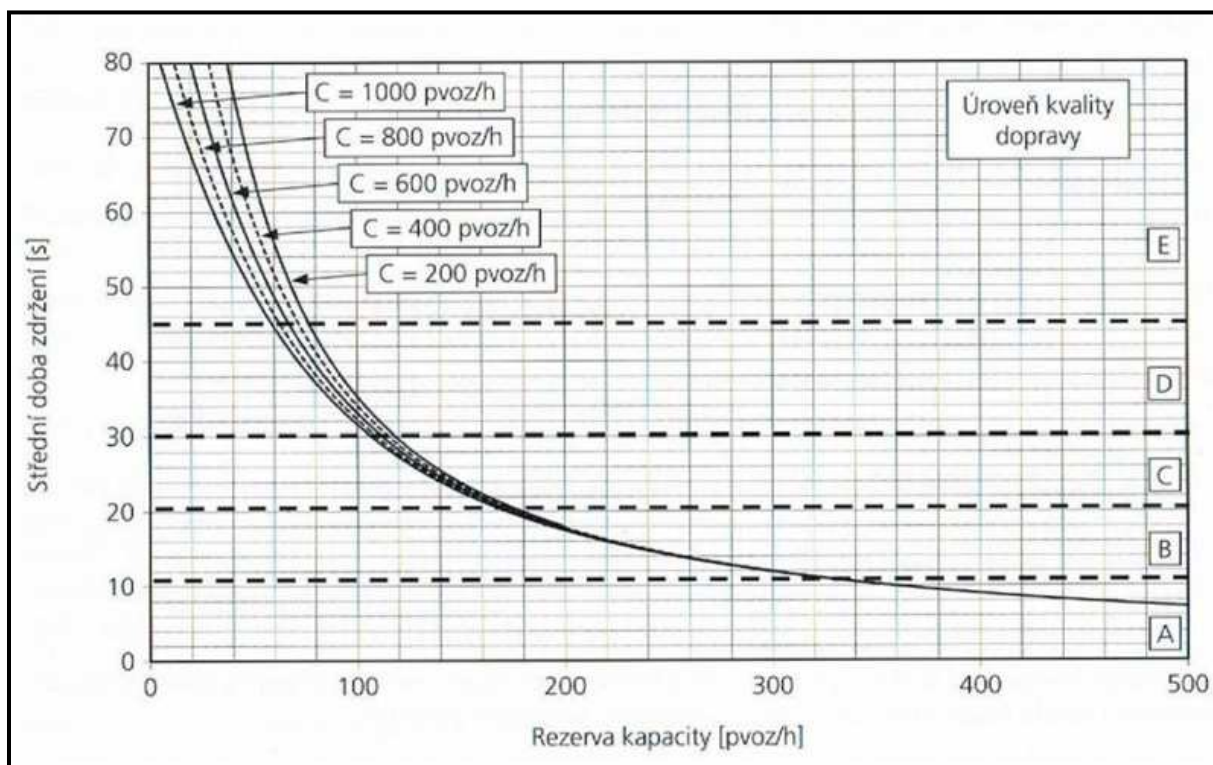
$$Rez_9 = 1135 \text{ pvoz/h}$$

$$Rez_{10} = 90 \text{ pvoz/h}$$

$$Rez_{11} = 118 \text{ pvoz/h}$$

$$Rez_{12} = 772 \text{ pvoz/h}$$

4.9 Střední doba zdržení a úroveň kvality dopravy



Obr. 10: Vztah střední doby zdržení ke kapacitě a její rezervě [3]

Na základě grafu dle TP 188 [3] byla pro každý dopravní proud určena střední doba zdržení t_w [s] a následná kvalita úrovně dopravy označeny písmeny:

A – se střední dobou zdržení ≤ 10 s

B – se střední dobou zdržení ≤ 20 s

C – se střední dobou zdržení ≤ 30 s

D – se střední dobou zdržení ≤ 45 s

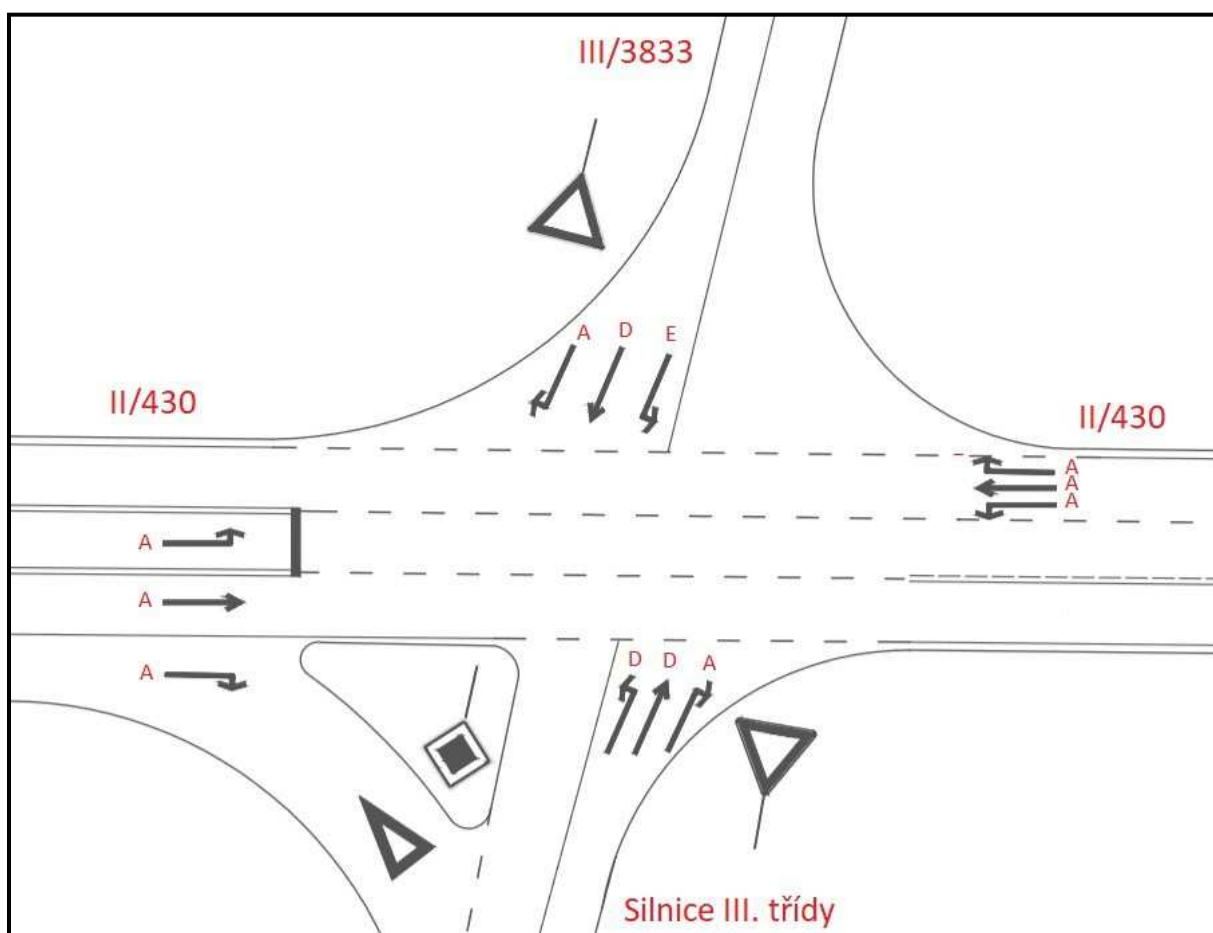
E – se střední dobou zdržení > 45 s

F – překročená kapacita (stupeň vytížení $a_v > 1$), nevyhovující stav)

Výsledné střední doby zdržení t_w s úrovní kvality dopravy

$t_{w,1} \leq 10$ s	ÚKD - A	$t_{w,7} \leq 10$ s	ÚKD - A
$t_{w,2} \leq 10$ s	ÚKD - A	$t_{w,8} \leq 10$ s	ÚKD - A
$t_{w,3} \leq 10$ s	ÚKD - A	$t_{w,9} \leq 10$ s	ÚKD - A
$t_{w,4} = 80$ s	ÚKD - E	$t_{w,10} = 38$ s	ÚKD - D
$t_{w,5} = 33$ s	ÚKD - D	$t_{w,11} = 32$ s	ÚKD - D
$t_{w,6} \leq 10$ s	ÚKD - A	$t_{w,12} \leq 10$ s	ÚKD - A

Podle ČSN 73 6101 [10] se požaduje na silnici II. třídy minimální stupeň úrovně kvality dopravy - D a na silnicích III. třídy se požaduje minimální stupeň úrovně kvality dopravy - E. Výsledné stupně úrovně kvality dopravy jednotlivých dopravních proudů jsou zobrazeny na obrázku č. 12.



Obr. 11: Úrovně kvality dopravy jednotlivých dopravních proudů křižovatky

4.10 Délka fronty va vjezdech $N_{95\%}$

Délka fronty $N_{95\%}$ znamená, že v 95% špičkové hodiny bude fronta menší než je vypočtená hodnota. Ve zbývajících 5% se předpokládá délka fronty vozidel delší. Délka fronty na vjezdech se vypočítá podle vztahu:

$$N_{95\%} = \frac{3}{2} \cdot C_n \cdot \left(a_v - 1 + \sqrt{(1 - a_v)^2 + 3,0 \cdot \frac{8 \cdot a_v}{C_n}} \right) [\text{m}]$$

Výsledné délky fronty na vjezdech

$$N_{95\%,1} = 1,44 \text{ m}$$

$$N_{95\%,4} = 29,8 \text{ m}$$

$$N_{95\%,5} = 2,19 \text{ m}$$

$$N_{95\%,6} = 1,67 \text{ m}$$

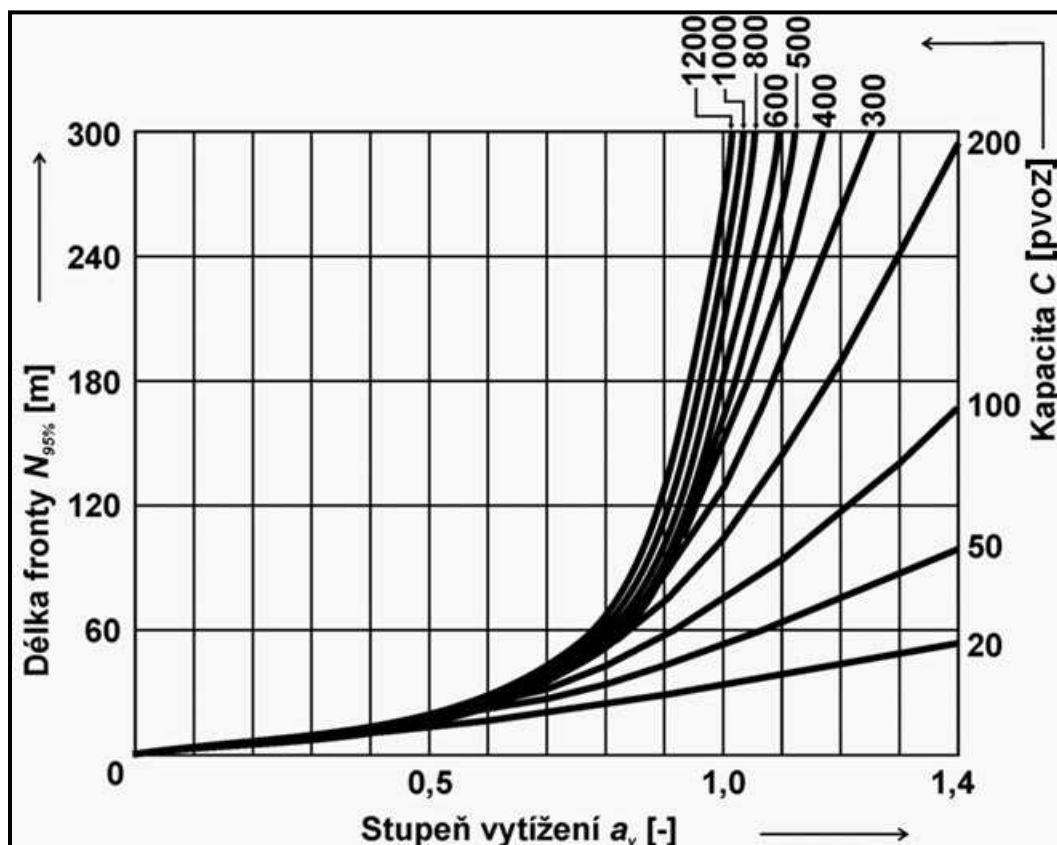
$$N_{95\%,7} = 2,57 \text{ m}$$

$$N_{95\%,9} = 0,15 \text{ m}$$

$$N_{95\%,10} = 4,10 \text{ m}$$

$$N_{95\%,11} = 2,67 \text{ m}$$

$$N_{95\%,12} = 2,47 \text{ m}$$



Obr. 12: Délka fronty na vjezdech v závislosti na stupni vytižení [3]

5 Stanovení ročního průměru denních intenzit

Podle TP 189 [1] jsem stanovil na řešené křižovatce roční průměr denních intenzit (dále jen RPDI). Pro výpočet byly použité naměřené hodnoty jednotlivých dopravních druhů vozidel za dobu dopravního průzkumu. Metodika výpočtu je založena na přenásobení jednotlivých intenzit dopravy s přepočtovými koeficienty, které jsou závislé na kategorii a třídě komunikace, období roku a skupině vozidel. Datum dopravního průzkumu bylo 2.11.2017, jedná se tedy o podzimní období roku a komunikace II/430 a III/3833, mají stejné přepočtové koeficienty. U komunikací II. a III. třídy se určuje charakter provozu na řešené křižovatce. V tomto případě se jedná o S-smíšený charakter provozu, který znázorňuje rovnoměrný provoz v průběhu celého týdne. Výpočet jsem provedl nejprve přepočtem intenzit dopravního průzkumu na denní intenzitu v den průzkumu, poté přepočtem na týdenní intenzitu v den průzkumu a nakonec jsem provedl přepočtem na roční průměr denních intenzit. Podrobné výpočty jsou uvedené v textové příloze č. 2.

Výsledné hodnoty ročního průměru denních intenzit *RPDI* [voz/den]:

Pro osobní vozidla: $RPDI = I_t \cdot k_{t,RPDI} = 14\,148 \cdot 1,05 \doteq \mathbf{14\,855\,voz/den}$

Pro motocykly: $RPDI = I_t \cdot k_{t,RPDI} = 111 \cdot 3,80 \doteq \mathbf{422\,voz/den}$

Pro nákladní vozidla: $RPDI = I_t \cdot k_{t,RPDI} = 632 \cdot 0,97 \doteq \mathbf{613\,voz/den}$

Pro autobusy: $RPDI = I_t \cdot k_{t,RPDI} = 315 \cdot 1,04 \doteq \mathbf{328\,voz/den}$

Pro nákladní soupravy: $RPDI = I_t \cdot k_{t,RPDI} = 470 \cdot 1,01 \doteq \mathbf{475\,voz/den}$

kde:

I_t ... je týdenní průměr denních intenzit [voz/den]

$k_{t,RPDI}$... je přepočtový koeficient týdenního průměru denních intenzit na průměr ročních intenzit.

Celkové RPDI:

$RPDI = \sum RPDI_x = 14\,855 + 422 + 613 + 328 + 475 = \mathbf{16\,693\,voz/den}$

Stanovení odchylky přesnosti RPDI

Pro stanovení přesného výpočtu denních intenzit ročního průměru by bylo nutné provést celoroční dopravní průzkum během celého dne. Vzhledem k tomu, že dopravní průzkum nebyl proveden 364 dní v roce, 24 hodin denně, tak nám vznikne odchylka přesnosti skutečného RPDI, která se vypočte podle následujícího vztahu:

$$\delta = 0,95 \cdot \left(\frac{I_m}{RPDI} \cdot 100 \right)^{-0,60} = 0,1809 = \mathbf{18\%}$$

kde:

I_m ... je intenzita dopravy v době dopravního průzkumu.

5.1 Stanovení padesátirázové intenzity

Jedná se o padesátou nejvyšší hodnotu hodinové intenzity z celkových hodinových intenzit roku. Její přesnost určení je podobně obtížná jako při výpočtu RPDI, k jejímu přesnému určení by bylo potřeba měřit dopravní průzkum celý rok. Vypočte se přenásobením $RPDI$ přepočtovým koeficientem pro padesátirázovou intenzitu.

$$I_{50} = RPDI \cdot kRPDI_{50} = \mathbf{2\,037\,voz/den}$$

kde:

$kRPDI_{50}$... je hodnota stanovena podle charakteru provozu

$$kRPDI_{50} = 0,122$$

6 Výhledová intenzita automobilové dopravy

Provedl jsem výpočet výhledové intenzity dopravy na rok 2039, tedy 20 let po plánované přestavbě řešené křižovatky. Výpočet jsem provedl na základě TP 225 [2], stanovil jsem výhledovou intenzitu dopravy špičkové hodiny a výhledovou intenzitu denní dopravy. Intenzity dopravy jsem rozdělil do dvou skupin a to na lehká vozidla (LV = 15,307 voz/h), které zahrnují osobní automobily, motocykly a na těžká vozidla (TV = 1416 voz/h), které zahrnují nákladní automobily, autobusy a nákladní soupravy. Podrobný výpočet je v příloze č. 3

Hodnoty intenzit dopravy ze špičkové hodiny dopravního průzkumu a hodnoty intenzit denní dopravy jsem přenásobil koeficienty vývoje intenzity dopravy pro lehká a těžká vozidla. Koeficienty jsou závislé na roku výhledu a na typu komunikace. Přepočtové koeficienty jsou uvedeny v tabulce č. 8

Tabulka 8: Použité koeficienty vývoje intenzit dopravy [2]

koeficienty LV			koeficienty TV		
$k_{výchozí}$	$k_{výhledové}$	$k_{prognózy} = \frac{k_{výhledové}}{k_{výchozí}}$	$k_{výchozí}$	$k_{výhledové}$	$k_{prognózy} = \frac{k_{výhledové}}{k_{výchozí}}$
1,17	1,59	1,36	1,01	11,05	1,04

Výpočet výhledové intenzity dopravy špičkové hodiny

Pro lehká vozidla: $I_{v,i} = I_{o,i} \cdot k_{prognózy} = 1262 \cdot 1,36 \doteq 1717 \text{ voz/h}$

Pro těžká vozidla: $I_{v,i} = I_{o,i} \cdot k_{prognózy} = 114 \cdot 1,04 \doteq 119 \text{ voz/h}$

Celkem: $I_v = I_{o,i} \cdot k_{prognózy} = \sum_{i=LV,TV} I_{vi} = 1717 + 119 = 1836 \text{ voz/h}$

Výpočet výhledové intenzity denní dopravy

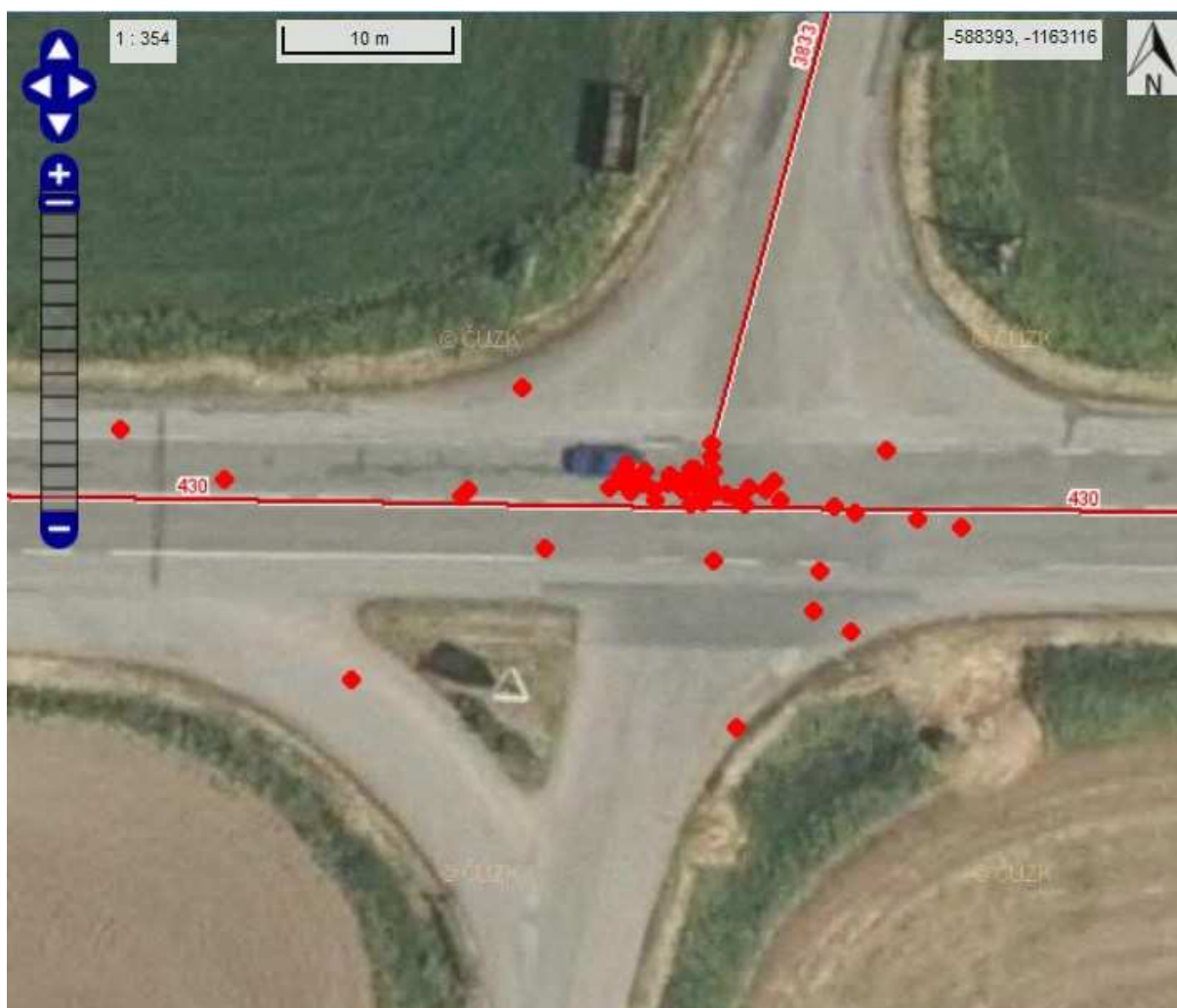
Pro lehká vozidla: $I_{v,i} = I_{o,i} \cdot k_{prognózy} = 15\,307 \cdot 1,36 \doteq 20\,816 \text{ voz/den}$

Pro těžká vozidla: $I_{v,i} = I_{o,i} \cdot k_{prognózy} = 1416 \cdot 1,04 \doteq 1473 \text{ voz/den}$

Celkem: $I_v = I_{o,i} \cdot k_{prognózy} = \sum_{i=LV,TV} I_{vi} = 20\,816 + 1473 = 22\,289 \text{ voz/den}$

7 Nehodovost na křižovatce

Údaje o nehodovosti na řešené křižovatce jsem získal z portálu ministerstva dopravy z jednotkové dopravní vektorové mapy (JDVM) [13]. V tomto geografickém informačním systému jsou detailní informace všech dopravních nehod, které byly nahlášené policii z období od 1. 1. 2007 do 31. 3. 2018. Od roku 2009 platí, že dopravní nehody nepřesahující 100 000 Kč nejsou povinné hlásit policii ČR, pokud nedošlo k ublížení na zdraví a proto je nejvíce nahlášených dopravních dohod právě z období 2007 – 2009. Dopravní nehody jsou zobrazeny na obrázku č. 13.



Obr. 13: Dopravní nehody z období 1/2007 - 3/2018 [13]

Celkově z tohoto období bylo nahlášeno 62 dopravních nehod, z toho 2 nehody byly s následky ztrát na životech a 3 nehody s těžkým zraněním osob. Nejčastější příčinou dopravních nehod tu je nerespektování příkazu dopravní značky P 4 „Dej přednost v jízdě! " a při srážce vozidel při odbočování vlevo z hlavní komunikace II/430.

V červenci roku 2012 se udála dopravní nehoda se ztrátou na životech, kde byla usmrcena jedna osoba. Došlo k čelní srážce při odbočování vlevo z hlavní komunikace. Další dopravní nehoda se ztrátou na životě se stala 16. června 2015, kde jedna osoba byla usmrcena a jedna lehce zraněna. Příčinou této nehody bylo nedodržení příkazu dopravní značky P 4 „Dej přednost v jízdě! " a došlo k boční srážce jedoucích vozidel. Ani u jedné z dopravních nehod se ztrátou na životech nebyla zjištěna přítomnost alkoholu u viníka nehody ani žádné jiné nepříznivé okolnosti.

8 Návrhová část

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout 3 varianty řešení pro zadanou křižovatku, za účelem zlepšit bezpečnost celého provozu a zvýšení plynulosti na příslušných komunikacích. Jednotlivé varianty jsem navrhoval v souladu s ČSN 73 6102 ED. 2. [9] a podle TP 135 [8]. Dopravní značení bylo provedeno v souladu technických podmínek TP 65 [5] a TP 133 [4]. Všechny řešené varianty byly ověřeny vléčnými křivkami na hlavní komunikaci nákladní soupravou NS 16,5m a autobusy 15 m. Na vedlejších komunikacích nejedí žádná autobusová linka, z toho důvodu zde postačilo ověřit průjezdnost pouze nákladní soupravou 16,5 m. Pro ověřování vléčnými křivek byl použit program AutoTURN. Dále byly všechny varianty kapacitně posouzeny na výhledový rok 2039 a na rozhledové poměry podle TP 135 [8].

8.1 Varianta 1

Jedná se o jednopruhovou okružní křižovatku navrhnoutou podle TP 135 [8]. Cílem této varianty bylo zklidnění dopravy, zvýšení bezpečnosti provozu a zároveň zvýšení kapacity ve srovnání s původním stavem neřízené úrovně křižovatky. Při realizaci této varianty by okružní křižovatka zasahovala do parcel 900/53, 900/56, 903/5, 903/3, 903,2 a 1387. Všechny zasažené parcely jsou v soukromém vlastnictví a k realizaci této varianty by bylo třeba části těchto parcel od vlastníků odkoupit. Vzhledem k současnému stavu musí být upraveno vodorovné dopravní značení na hlavní komunikaci. Místo dopravního stínu a rozdělení komunikace na 3 jízdní pruhy, se upravilo vodorovné dopravní značení na stejné rozdělení jak je tomu před začátkem dopravního stínu stávajícího stavu a to na 2 jízdní pruhy oddělené značením V 2b „Podélná čára přerušovaná“ a ohraničené značením V 4 „vodící proužek“ až po začátek okružní křižovatky.

8.1.1 Návrhové parametry

Šířkové uspořádání

Vnější průměr jednopruhové okružní křižovatky jsem navrhnul 42 m a průměr středového ostrova 27 m, který je navýšený, prorostlý vegetací a ohraničen obrubníkem.

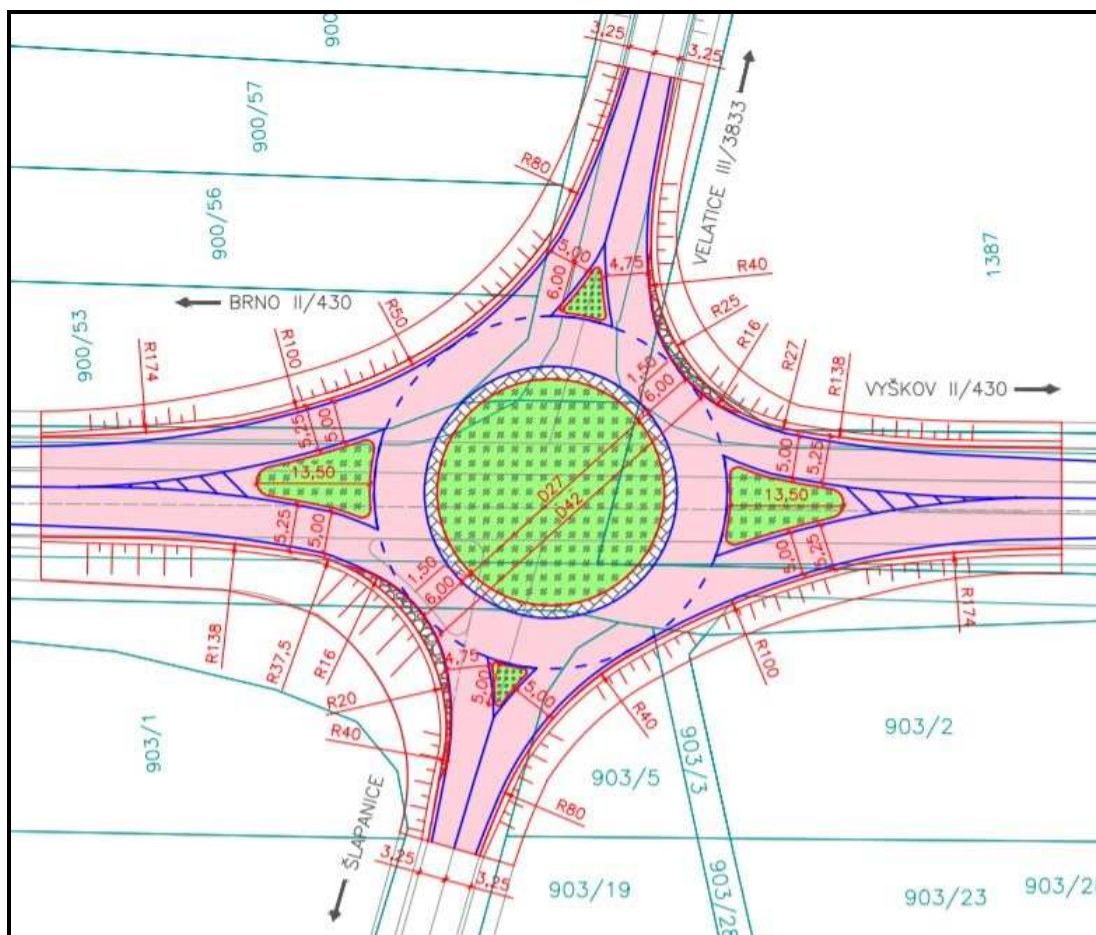
Šířka okružního pásu je navrhnutá s ohledem ověřování vléčných křivek 6 m s dostředným sklonem jízdního pásu 2,50 % a šířka prstence 1,50 m se sklonem 6 %.

Vjezdy a výjezdy

Na hlavní komunikaci stávajícího stavu jsou zpevněné krajnice z obou stran komunikace po kterých jsem rozšířil značení V 4 „dopravní proužek“ aby došlo k minimum stavebních úprav této varianty. Šířka vjezdů je navrhnutá na hlavní i vedlejší komunikaci 5 m. Šířky výjezdů jsou na vedlejší komunikaci rozšířené o zpevněné srpovité krajnice pro průjezd nadrozměrných vozidel. Vjezdy i výjezdy jsou navrhnuté jako složené kružnicové oblouky. Nároží pro plynulé napojení jednotlivých ramen jsem provedl z vedlejších komunikací na hlavní při vjezdu obloukem poloměru 80m a výjezdu 174 m. Nároží z vedlejších komunikací na hlavní komunikace jsou plynule napojené z vjezdu oblouky o poloměru 138 m a výjezdu obloukem o poloměru 40 m.

Dělicí ostrůvky

Nachází se zde 4 dělicí ostrůvky, které jsou navýšené, prorostlé vegetací a ohraničené obrubníkem. Na hlavní komunikaci jsou dělicí ostrůvky šířky 13,5 m, na silnici III/3833 ve směru velatice je dělicí ostrůvek šířky 6 m a na silnici III. třídy ve směru Šlapanice 5,0 m.



Obr. 14: Varianta 1 – návrhové parametry

8.1.2 Kapacitní posouzení na výhledový rok

Vzhledem k překročení intenzity 18 000 voz/den pro výhledový rok 2039 (22 289 voz/den), se doporučuje vypočítat kapacitní posouzení okružních křižovatek.

Kapacitní výpočet okružní křižovatky jsem vypočítal na základě TP 234 [16]. Hodnoty vozidel pro výpočet kapacity jsem přepočítal ze špičkové hodiny v den průzkumu na rok 2039 viz. kapitola č. 6.

Úrovně kvality dopravy na vjezdech vyšly na 3 vjezdech ÚKD - A a na jednom vjezdu silnice II/430 ze směru Brno, který je nejvytíženější, vyšla úroveň kvality dopravy ÚKD - B se střední dobou zdržení t_w 12 s. Podrobný výpočet pouzení kapacity se nachází v textové příloze č. 4.

Výsledky úrovně kvality dopravy na vjezdech:

$$t_{w,1} = 12s \quad \text{ÚKD - B}$$

$$t_{w,3} \leq 10s \quad \text{ÚKD - A}$$

$$t_{w,2} \leq 10s \quad \text{ÚKD - A}$$

$$t_{w,4} \leq 10s \quad \text{ÚKD - A}$$

Délky fronty na vjezdech:

$$N_{95\%,1} = 57,43 \text{ m}; \quad N_{95\%,2} = 4,15 \text{ m}; \quad N_{95\%,3} = 10,59 \text{ m}; \quad N_{95\%,4} = 2,78 \text{ m}$$

Výsledky úrovně kvality dopravy na výjezdech:

Všechny výjezdy vyhověly, protože jejich stupeň vytížení $a_{v,i}$ byl menší než 0,9

$$a_{v,1} = \frac{I_1}{C_1} = \frac{524}{1500} = 0,350 < 0,9$$

$$a_{v,3} = \frac{I_3}{C_3} = \frac{936}{1500} = 0,624 < 0,9$$

$$a_{v,2} = \frac{I_2}{C_2} = \frac{101}{1500} = 0,067 < 0,9$$

$$a_{v,4} = \frac{I_4}{C_4} = \frac{275}{1500} = 0,183 < 0,9$$

8.1.3 Shrnutí 1. varianty

U okružní křižovatky varianty č. 1 jsem se snažil navrhnout co nejméně stavebních úprav. Nevýhodou na úkor stavebních úprav u téhle varianty ovšem může být řešení vjezdů z vedlejších komunikací na hlavní komunikaci, která umožňuje průjezd křižovatkou, bez výrazné zpomalení rychlosti.

8.2 Varianta 2

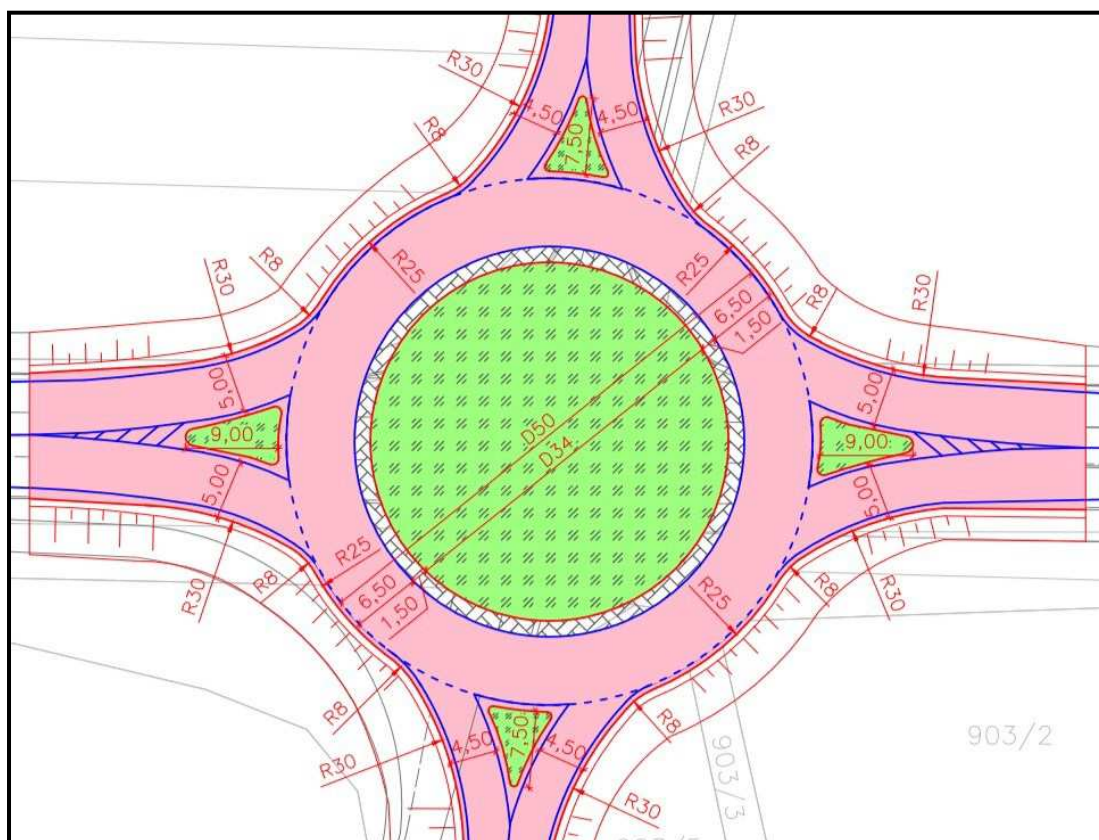
Opět se jedná o jednopruhovou okružní křižovatku provedenou podle TP 135 [8], ovšem v tomto případě jsem provedl více stavebních úprav v podobě větších rozměrů šířkového uspořádání okružní křižovatky a především provedením tzv. dopravní šikany, za účelem zpomalení vozidel jedoucích z vedlejší komunikace a znemožnění přímého průjezdu okružní křižovatkou. Cílem této varianty bylo tedy navrhnout co nejvíce bezpečnou okružní křižovatku, na úkor nákladů stavebních úprav.

Při realizaci této varianty by okružní křižovatka zasahovala do 16 částí soukromých a do dvou státních pozemků. Všechny dotčené parcely jsou vyznačené ve výkresové příloze č. 11. Stejně jako u varianty č. 1 musí být upraveno vodorovné dopravní značení až po začátek dopravního stínu původního stavu. Místo původního dopravního stínu a rozdělení komunikace na 3 jízdní pruhy, by se upravilo vodorovné dopravní značení na stejné rozdělení jak je tomu před začátkem dopravního stínu stávajícího stavu a to na 2 jízdní pruhy oddělené značením V 2b „Podélná čára přerušovaná“ a ohraničené značením V 4 „vodící proužek“ až po začátek okružní křižovatky.

8.2.1 Návrhové parametry

Šířkové uspořádání

V tomto případě jsem navrhnul vnější průměr jednopruhovvé okružní 50 m a průměr středového ostrova 34 m, který je jako u varianty č. 1 navýšený, prorostlý vegetací a ohraničen obrubníkem.



Obr. 15: Varianta 2 – šířkové uspořádání

Šířka okružního pásu je navrhována s ohledem ověřování vléčných křivek 6,50 m s dostředným sklonem jízdního pásu 2,50 % a šířka prstence 1,5 m se sklonem 6 %.

Vjezdy a výjezdy

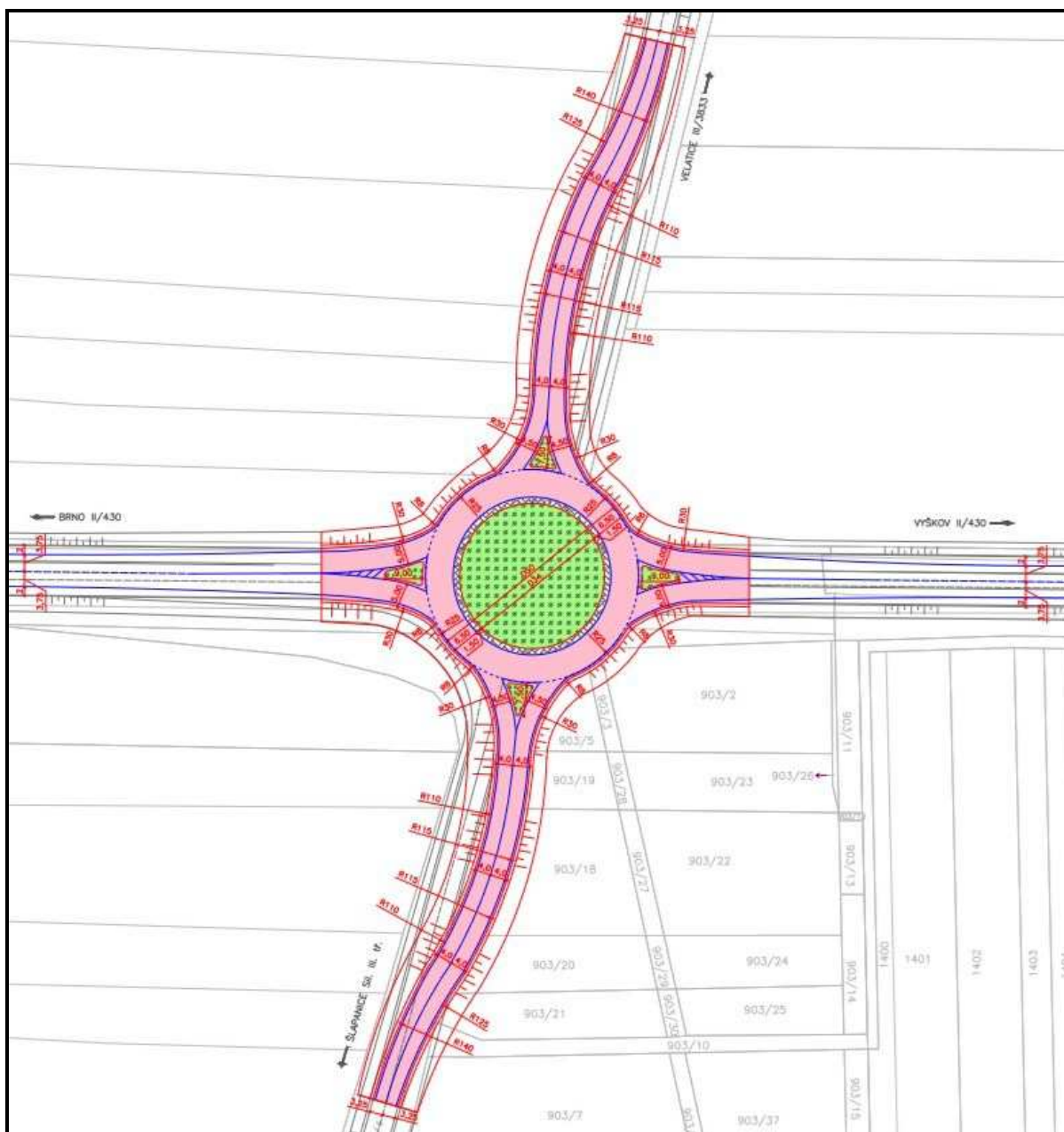
Podobně jako u varianty č. 1 bylo dopravní značení V 4 „dopravní proužek“ na hlavní komunikaci rozšířeno na zpevněnou krajnici původního stavu. Vjezdy a výjezdy hlavní komunikace jsou v šířce 5,00 m a na vedlejších komunikacích v šířce 4,50 m. Vjezdy i výjezdy jsou provedené plynulým napojením obloukem o poloměru 30 m

Dělicí ostrůvky

Nachází se zde 4 dělicí ostrůvky, které jsou navýšené, prorostlé vegetací a ohraničené obrubníkem. Na hlavní komunikaci jsou dělicí ostrůvky šířky 9 m a na vedlejších komunikacích šířky 7,5 m .

Dopravní šikana

Dopravní šikana zde byla navrhována za účelem zpomalení vozidel jedoucích z vedlejší komunikace a znemožnění přímého průjezdu okružní křižovatkou. Rozšíření jízdního pruhu ve směrovém oblouku podle ČSN 73 6101 [10] je pro komunikace šířky 3,25 o 0,40 m, ale vzhledem k lepší průjezdnosti nadrozměrných vozidel při ověřování vléčných, jsem rozšířil jízdní pruhy o 0,75 m na celkové 4 m. Abych zabránil efektu tzv. „přesypacích hodin“, tak jsem rozšířené jízdní pruhy na konci směrových oblouků zpátky nezúžil na původní šířku komunikace 3,25 m, ale ponechal jsem šířku 4 m pro plynulejší napojení vjezdů a výjezdů, které jsou na vedlejších komunikacích v šířce 4,5 m. Poloměry směrových oblouků jsou navrhovány v souladu s normou ČSN 73 6101 [10] na návrhovou směrodatnou rychlost 30 km/ h. Sto metrů před dopravní šikanou je potřeba osadit dopravní značení A 2a „Dvojitá zatáčka první vpravo“ pro upozornění na směrové změny a značení B 20a se snížením maximální rychlosti na 50 km/h a za dalších 100 m dopravní značení B 20a se snížením maximální rychlosti na 70 km/h.



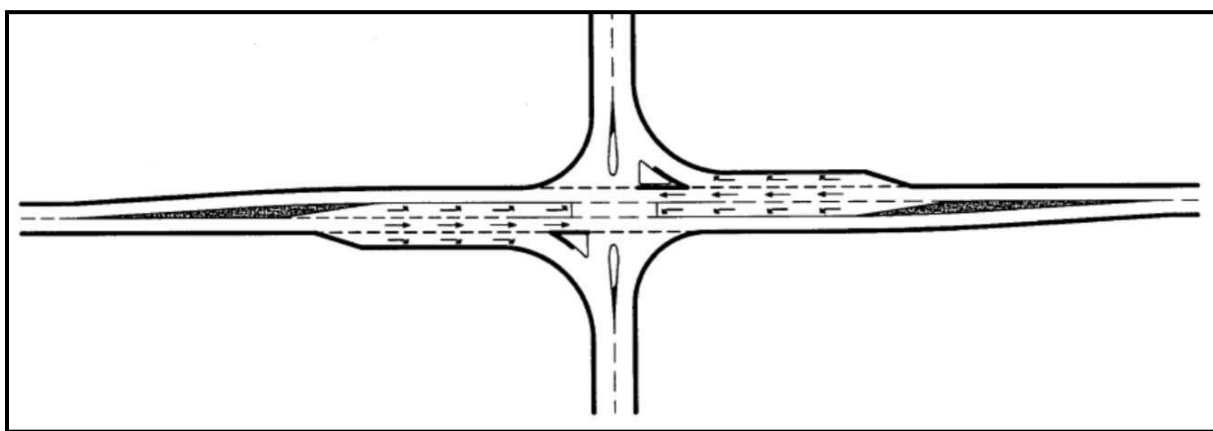
Obr. 16: Varianta 2 – pohled na celkové řešení varianty

8.2.2 Kapacitní posouzení na výhledový rok

Vzhledem k totožným hodnotám kritických a následných mezer, jsou výsledky úrovně kvality dopravy pro výhledový rok 2039 totožné jako u varianty č. 1 viz kapitola 8.1.3 a podrobný výpočet je v textové příloze č. 4.

8.3 Varianta 3

Varianta č. 3 byla navrhnutá podle ČSN 73 6102 ED. 2. [9]. Spočívá v upravení stávajícího stavu průsečné křižovatky, přidáním dopravních ostrůvků a přidatných odbočovacích pruhů vpravo z hlavní komunikace na vedlejší. Tahle varianta zasahuje pouze do 3 soukromých pozemků a to 1387, 903/5 a 900/53. Cílem této varianty je výrazně neomezit rychlost provozu na hlavní komunikaci a přitom zvýšit kapacitu křižovatky přidáním přidatných pruhů a zlepšit celkovou přehlednost současné úrovňové průsečné neřízené křižovatky v podobě dělicích ostrůvků.



Obr. 17: Varianta 3 – schéma uspořádání ČSN 73 6102 ED.2. [9]

8.3.1 Odbočovací pruh vlevo

Na hlavní komunikaci II/430 byly na obou ramenách křižovatky navrhnuté v souladu ČSN 73 6102 ED.2. [9] odbočovací pruhy pro odbočení vlevo. Odbočovací pruhy jsou navrhnuté v šířce 3,25 m a jsou oddělené od protisměrného pruhu dělicím ostrůvkem šířky 1,0 m a od jízdního pruhu jedoucí přímým směrem hlavní komunikace je oddělen vodorovným dopravním značením č. V 2b „Podélná čára přerušovaná“ šířky 0,25 metrů.

Celý dobočovací pruh i s rozšiřovacím klínem se skládá z čekacího úseku L_C , zpomalovacího úseku L_D , vyřazovacího úseku L_V , a délkou rozšiřovacího klínu L_r .

Čekací úsek L_C

Je vypočtený na základě ČSN 73 6102 ED.2. [9] podle vzorce:

$$L_C = (6 + 8 \cdot p_n) \cdot P_v$$

kde:

p_n je podíl celkového počtu těžkých vozidel čekajících v řadě na odbočení (0,018)

p_v je celkový počet vozidel čekajících na odbočení v závislosti na intenzitě provozu (2,5)

$$L_C = 15,36 \text{ m} \rightarrow \mathbf{20 \text{ m}}$$

Zpomalovací úsek L_D

Je vypočtený na základě ČSN 73 6102 ED.2. [9] podle vzorce:

$$L_D = \frac{(0,75 \cdot v_n)^2 - v_c^2}{26 \cdot (d + \frac{s}{10})}$$

kde:

v_n je návrhová rychlost (70 km/h)

v_c je rychlost na konci zpomalovacího úseku (0 km/h)

d je průměrné zpomalení (1,7 m/s²)

s je sklon zpomalovacího úseku (4,5%)

$$L_D = 49,3 \text{ m} \rightarrow \mathbf{50 \text{ m}}$$

Vyřazovací úsek L_V

Je hodnota převzatá z tabulky č. 7 z ČSN 73 ED.2. [9], závisí na šířce odbočovacího pruhu a návrhové rychlosti.

$$L_V = \mathbf{55 \text{ m}}$$

Délka a zaoblení rozšiřovacího klínu L_r

Délka rozšiřovacího klínu je dána vztahem:

$$L_r = v_n \cdot \sqrt{d'}$$

kde:

v_n je návrhová rychlost (70 km/h)

d' je příčné odsunutí (2,25 m)

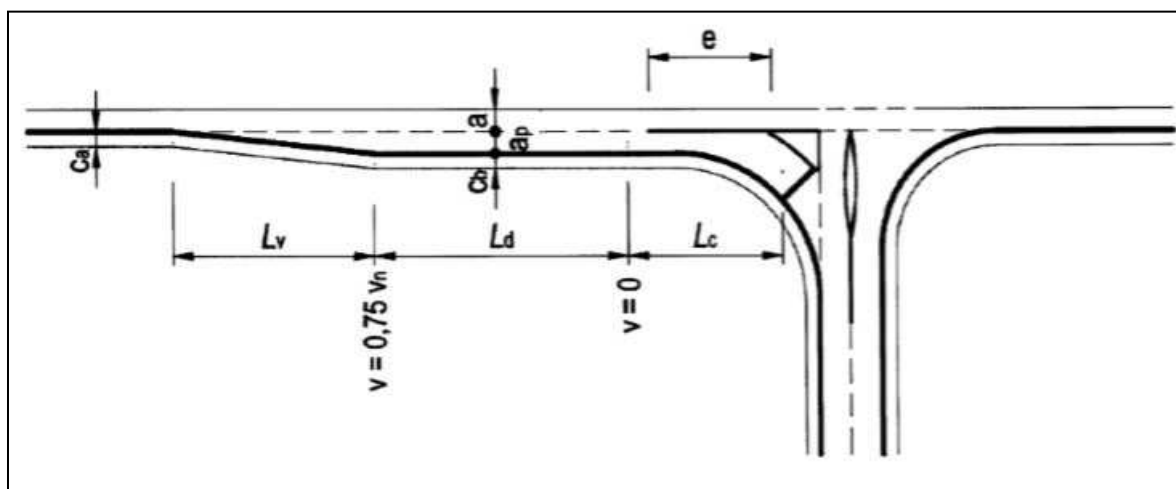
$$L_r = 105 \text{ m}$$

Poloměr zaoblení R je dán vztahem:

$$R = \frac{L_r^2}{100} = 110 \text{ m}$$

8.3.2 Přidatný pruh pro odbočení vpravo

Skládá se z čekacího úseku L_c , zpomalovacího úseku L_d a vyřazovacího úseku L_v . Hodnoty jednotlivých úseků se rovnají hodnotám vypočítaných pro odbočovací pruh vlevo. Přidatný pruh je proveden v šířce 3,75 m a od je od křížení křižovatky oddělen dělicím ostrůvkem ve tvaru trojúhelníku o ploše 45 m². Od jízdního pruhu vedeném v přímém směru hlavní komunikace je oddělen vodorovným dopravním značením č. V 2b „Podélná čára přerušovaná“ šířky 0,25 metrů a 30 m před dělicím ostrůvkem značením V 1a „Podélná čára souvislá“ délky 30 metrů.

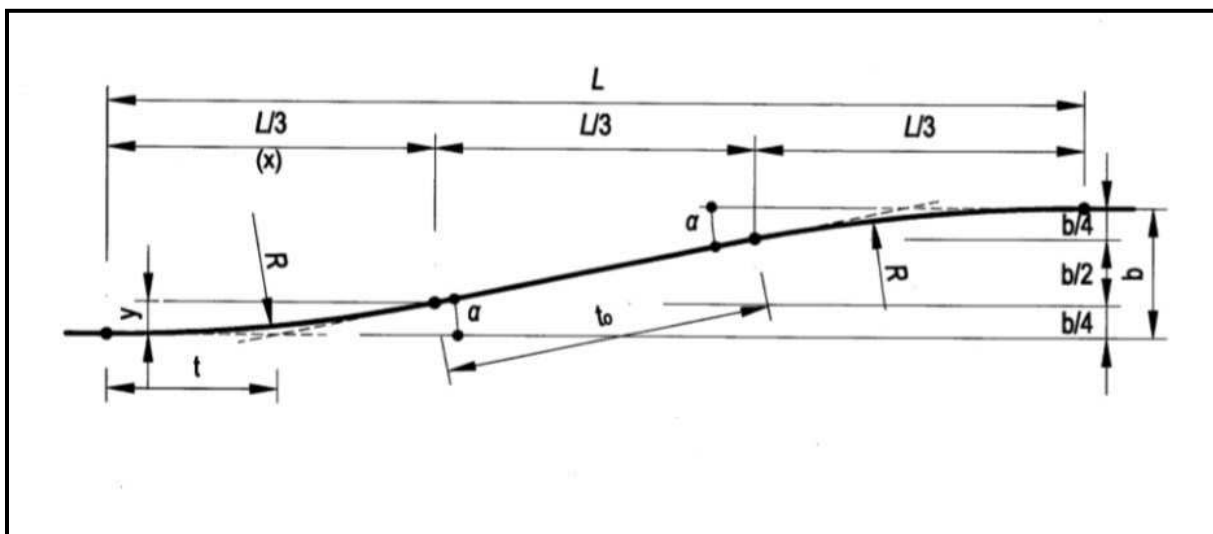


Obr. 18: Varianta 3 – schéma odbočovacího pruhu vpravo ČSN 73 6102 ED.2. [9]

Na konci vyřazovacího úseku je dopravní značení č. V 5 „Příčná čára souvislá“ šířky 0,5 metrů neboli „stop čára“, která přinutí zastavit jedoucí vozidla, aby daly přednost v jízdě ostatním vozidlům odbočujících na vedlejší komunikaci a netvořily se tak kongesce u křížení křižovatky.

Náběhový klín

Náběhové klíny tvoří začátek odbočovacího pruhu, jejich délka je rovna délce vyřazovacího úseku.



Obr. 19: Varianta 3 – schéma náběhového klínu ČSN 73 6102 ED.2. [9]

Poloměry zaoblení náběhového klínu:

$$R = \frac{L^2}{4,5b} + \frac{b}{8}$$

kde:

L je délka vyřazovacího úseku (55 m)

b je šířka odbočovacího pruhu s vodícím proužkem (3,75 m)

$$R = 180 \text{ m}$$

8.3.3 Kapkovité ostrůvky

Na vedlejších komunikacích jsou vjezdy a výjezdy odděleny kapkovitým ostrůvkem, který je navýšený, prorostlý vegetací a ohraničen obrubníkem. Délka kapkovitého ostrůvku je 8,5 m a s vodorovným dopravním značením celkově 18 m. Poloměry zaoblení kapkovitých ostrůvků R_1 a R_2 jsou rovny 10 m a šířka kapkovitého ostrůvku e je 1,5 m. Čela ostrůvků jsou zaoblena poloměry 0,5 m.

8.3.4 Nároží na vedlejší komunikaci

Pravé nároží vedlejších komunikací je provedeno jako složený kružnicový oblouk s poloměry R_1 , R_2 , R_3 , ve vzájemném poměru 2:1:3. Poloměr R_1 je roven 30 m, R_2 je 15 m a R_3 je rovno 45 m. Levé nároží vedlejší komunikace bylo vytvořeno na základě ověřování vléčných křivek nadrozměrných vozidel jako kružnicový oblouk s poloměrem 25 m. V místě trojúhelníkových ostrůvků je šířka odbočovacího pruhu 5,25 m. Plynulé napojení na původní komunikaci zajistí zleva zaoblení poloměru 185 m a zprava zaoblení poloměru 150 m.

8.3.5 Kapacitní posouzení na výhledový rok

Vzhledem k podobnému uspořádání nové průsečné křižovatky k současnému stavu, bylo potřeba posoudit kapacitu na výhledový rok 2039, jelikož úroveň kvality dopravy na vedlejších komunikacích nebyla na základě dopravního průzkumu přesvědčující. Kapacitu jsem posuzoval pouze na dopravním proudu č. 4, kde byla zaznamenána nejhorší kvalita dopravy současného stavu. Úroveň kvality na tomto dopravním proudu vyšla E se střední dobou zdržení 95 s.

9 Multikriteriální vyhodnocení

Abych mohl objektivně doporučit nejvhodnější variantu z výše uvedených, bylo nutné provést multikriteriální hodnocení, podle kterého jsem určil nejvhodnější variantu. Hlavním požadavkem na navržené varianty bylo zlepšení plynulosti a celkové bezpečnosti z důvodu poměrně vysoké nehodovosti za posledních 10 let včetně dvou dopravních nehod, kde došlo ke ztrátám na životech.

Celkem jsem varianty hodnotil na základě 4 kritérií, které považuji za nejdůležitější při doporučení výsledné varianty a to:

- Bezpečnost provozu
- Plynulost provozu a ÚKD
- Ekonomické hledisko
- Zábory pozemků

Ke každému kritériu jsem přiřadil váhu důležitosti od 1 do 10, kde 1 je nejméně důležité a naopak 10 jako nejdůležitější hodnotící kritérium. Dále jsem ke každému kritériu přiřadil body od 1 do 3, kde 1 je nejmenší vhodnost varianty hodnotícího kritéria a 3 je nejvyšší vhodnost varianty pro dané kritérium. Pro zjištění celkového hodnocení jednotlivých variant se váha důležitosti hodnotících přenásobila body vhodnosti pro každé kritérium a všechna kritéria se poté sečetla. V některých hodnotících kritériích se bodová vhodnost variant mohla rovnat, například při hodnocení plynulosti a kvality dopravy, kde varianta 1 a varianta 2 mají stejný stupeň kvality dopravy.

9.1 Zdůvodnění hodnotících kritérií

Bezpečnost provozu

Pro multikriteriální hodnocení je to nejdůležitějším hodnotícím kritériem s váhou důležitosti 10. Při posuzování tohoto kritéria jsem sledoval počet kolizních bodů u všech navržených variant a dále u okružních křižovatek možnost přímého průjezdu křižovatkou, bez výrazné zpomalení rychlosti.

Plynulost provozu a úroveň kvality dopravy (ÚKD)

Vzhledem k poměrně vysoké intenzitě dopravních vozidel a dlouhých front na vjezdech u některých dopravních proudů současného stavu jsem tohle kritérium zařadil jako druhé nejdůležitější s váhou důležitosti 8. Posuzoval jsem zde především úroveň kvality dopravy pro výhledový rok 2039 jednotlivých variant.

Ekonomické hledisko

V ekonomickém hledisku jsem se zabýval orientačním propočtem nákladů jednotlivých variant a objemu stavebních úprav. Váhu důležitosti tohoto hlediska jsem zvolil 6.

Zábor pozemků

Jedná se o nejméně důležité hodnotící kritérium z výše uvedených s váhou důležitosti 4. Posuzuje se zde množství dotčených ploch při realizaci navržených variant.

Tabulka 9: Multikriteriální hodnocení

Varianta 1	Kritérium	Váha	Body	Hodnocení	Celkem	Pořadí
	Bezpečnost provozu	10	1	10	60	2
	Plynulost provozu a ÚKD	8	3	24		
	Ekonomické hledisko	6	3	18		
	Zábory pozemků	4	2	8		

Varianta 2	Kritérium	Váha	Body	Hodnocení	Celkem	Pořadí
	Bezpečnost provozu	10	3	30	64	1
	Plynulost provozu a ÚKD	8	3	24		
	Ekonomické hledisko	6	1	6		
	Zábory pozemků	4	1	4		

Varianta 3	Kritérium	Váha	Body	Hodnocení	Celkem	Pořadí
	Bezpečnost provozu	10	1	10	56	3
	Plynulost provozu a ÚKD	8	2	16		
	Ekonomické hledisko	6	2	18		
	Zábory pozemků	4	3	12		

9.2 Vyhodnocení a doporučení nejvhodnější varianty

Jako nejméně vhodná varianta podle multikriteriálního hodnocení vyšla varianta 3. (průměrná křižovatka s usměrněním dopravních proudů). Je to varianta při které by bylo nejméně dotčených sousedních parcel při realizaci. Bohužel z hlediska úrovně kvality dopravy, kde vyšla na některých dopravních proudech ÚKD – stupeň E a hlavně z hlediska bezpečnosti, kde je u této varianty největší počet kolizních bodů, je kvůli bezpečnosti a plynulosti provozu nejméně vhodnou variantou.

Na druhém místě se podle hodnocení umístila varianta 1. (okružní jednopruhová křižovatka), která je charakterizována zlepšením plynulosti provozu a úrovně kvality dopravy při nejmenších investičních nákladech. Z hlediska bezpečnosti ji ale spíš můžeme srovnávat s variantou č. 3, protože řešení vjezdů může z vedlejších komunikací na hlavní komunikaci umožňovat řidičům přímý průjezd křižovatkou, bez výrazné zpomalení rychlosti.

Jako nejvhodnější variantou se podle multikriteriálního hodnocení stala varianta 2 (okružní jednopruhová křižovatka s dopravní šikanou na vedlejší komunikaci). I když se jedná o nejdražší variantu s největším počtem stavebních úprav a množstvím dotčených sousedních parcel, tak se tahle varianta jeví jako jednoznačně nejbezpečnější s celkovým zlepšením plynulosti provozu. Bezpečnost tu hlavně charakterizuje dopravní šikana na vedlejší komunikaci, která přinutí řidiče ke zpomalení rychlosti a neumožní tak řidičům přímý průjezd křižovatkou bez značné zpomalení rychlosti. Vzhledem k váze důležitosti bezpečnosti provozu a celkové plynulosti, mohu variantu 2 doporučit jako nejlepší řešení.

10 Doporučená varianta

Variantu 2, která nejlépe vyhověla multikriteriálnímu hodnocení, jsem detailněji rozpracoval. Navrhnul jsem svislé i vodorovné dopravní značení a novou skladbu vozovky. Součástí příloh je i výkres vzorového příčného řezu, výkres ověřování vléčných křivek v programu AutoTURN a výkres rozhledových poměrů. Dále byl proveden i orientační rozpočet nákladů a celková orientační cena realizace.

10.1 Dopravní značení

Svislé dopravní značení bylo navrženo podle TP 65 [5] a vodorovné dopravní značení na základě TP 133 [4].

Svislé dopravní značení

Veškeré původní svislé dopravní značení bylo nahrazené novým dopravním značením. Seznam nově použitého svislého dopravního značení je uvedeno v tabulce č. 10.

Tabulka 10: Svislé dopravní značení

Označení	Název	Zařazení	Počet
A 2a	Dvojitá zatáčka vpravo	Výstražné značky	2
B 20a - 50	Nejvyšší dovolená rychlost 50 km/h	Zákazové značky	4
B 20a - 70	Nejvyšší dovolená rychlost 70 km/h	Zákazové značky	4
C 1	Kruhový objezd	Příkazové značky	4
C4 a	Příkazaný směr objíždění vpravo	Příkazové značky	4
IS 9b	Návěst před křižovatkou	Informativní směrové značky	4
P 4	Dej přednost v jízdě!	Značky upravující přednost	4
Z 3	Vodící tabule	Dopravní zařízení	4
Z 4b	Směrová deska pravá	Dopravní zařízení	4

Vodorovné dopravní značení

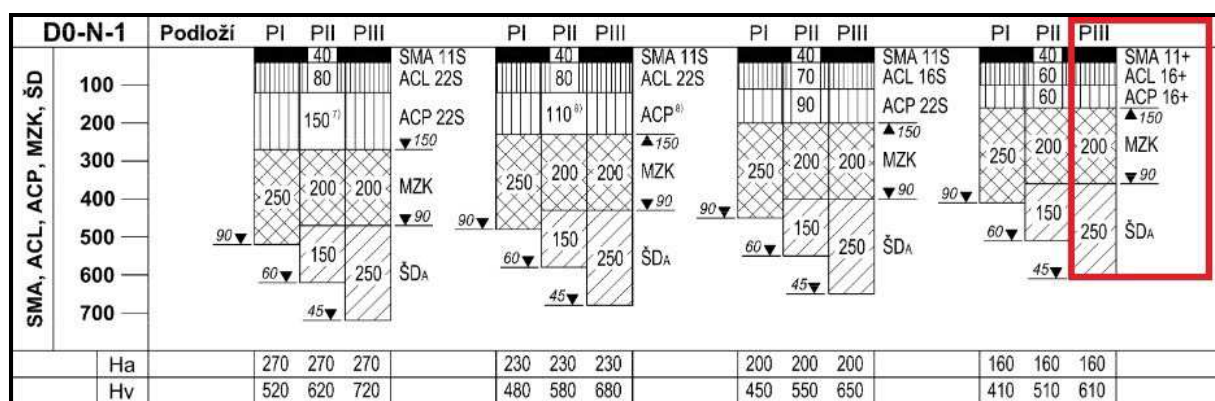
Nové vodorovné dopravní značení bylo navrženo po celé délce navržené vozovky. Vodorovné dopravní značení muselo být vzhledem k současnému stavu nově navrženo i na hlavní komunikaci. Místo dopravního stínu a rozdělení komunikace na 3 jízdní pruhy, se upravilo vodorovné dopravní značení na stejné rozdělení jak je tomu před začátkem dopravního stínu stávajícího stavu a to na 2 jízdní pruhy oddělené značením V 2b „Podélná čára přerušovaná“ a značením V 4 „vodící proužek“ až po začátek okružní křižovatky. Celý seznam nově použitého vodorovného značení je uveden v tabulce č. 11.

Tabulka 11: Vodorovné dopravní značení

Označení	Název	Rozměry [m]
V 1a	Podélná čára souvislá	0,125
V 2b	Podélná čára přerušovaná	3/1,5/0,125
V 2b	Podélná čára přerušovaná	1,5/1,5/0,25
V 4	Vodící čára	0,25
V 13a	Šikmé rovnoběžné čáry	0,5/1,0

10.2 Skladba vozovky

Návrh vozovky proběhl v souladu technických podmínek TP 170 [6]. Vzhledem k vysoké intenzitě těžkých vozidel pro návrhové období (1 473 voz/den), je sice dopravního zatížení III. třídy, ale přibližující se k II. třídě dopravního zatížení (1 501 voz/den). Zvolil jsem tedy návrhovou úroveň porušení vozovky D0, protože denní intenzity se dají porovnat s intenzitou silnic I. třídy. Podle dodatku TP 170 [7]. jsem navrhnul vozovku D0-N-1-III-PIII, vyznačenou červeně na obrázku č. 18.



Obr. 20: Skladba vozovky [7]

Výsledná skladba vozovky D0-N-1-III-PIII

asfaltový koberec mastixový	SMA 11+	tl. 40 mm	ČSN EN 13108-5
asfaltový beton hrubozrnný	ACL 16+	tl. 60 mm	ČSN EN 13108-1
obalované kamenivo střednězrnné	ACP 16+	tl. 60 mm	ČSN EN 13108-1
mechanicky zpevněné kamenivo	MZK	tl. 200 mm	ČSN 73 6126-1
šterkdrť	ŠDA	tl. 250 mm	ČSN 73 6126-1
celkem		tl. 610 mm	

minimální modul přetvárnosti je uvažován na pláni 45 MPa

10.3 Ověření vléčných křivek

Ověření vléčných křivek nadrozměrných vozidel bylo posouzeno na základě programu AutoTURN s nejmenší rychlostí průjezdnosti 10 km/h. Ověřena byla průjezdnost nákladních souprav NS 16,5 m na všech ramenech křižovatky včetně průjezdnosti dopravní šikany. Průjezdnost autobusu 15 m jsem posuzoval pouze na hlavní komunikaci, protože na vedlejších komunikacích nejedí žádná autobusová linka. Ověření vléčných křivek se nachází v příloze ve výkrese č. 8.

10.4 Rozhledové poměry

Rozhledové poměry byly posouzeny všechny vjezdy okružní křižovatky na základě TP 135 [8]. Jedná se o území nezastavěné s vnějším průměrem okružní křižovatky 50 m, strany rozhledových trojúhelníků jsou tedy $X_B = 38,0$ m a $Y_B = 34,0$ m. Rozhledové poměry všech paprsek okružní křivatky jsou vykresleny v příloze č. 9.

10.5 Orientační rozpočet

Orientační rozpočet jsem stanovil na základě katalogu Průměrné ceny dopravní a technické infrastruktury [15]. Orientační cena 2. varianty je přibližně 9 140 000 Kč.

Tabulka 12: Orientační rozpočet

Položka	Cena Za MJ	Měrná jednotka	Množství	Cena v Kč
Nová vozovka	1 510	Kč/m ²	3 354	5 064 540
Svislé dopravní značení	2 800	Kč/ks	34	95 200
Vodorovné dopravní značení	413	Kč/m ²	380,14	156 998
Obrubníky	426	Kč/bm	182,1	775 75
Prstenec	1 272	Kč/m ²	167,2	212 678
Dosypávky zemin a zhutnění	190	Kč/m ²	3 409	647 710
Odstranění povrchu - asfaltu	695	Kč/m ²	3 325	2 310 875
Odstranění stromů	953	Kč/ks	9	8 577
Vegetační úprava	411	Kč/m ²	1 012	415 932
Ohumusování a osetí	85	Kč/m ²	2 685	228 225
CELKEM				9 140 735

11 Závěr

Účelem mé bakalářské práce na téma „Návrh variantního řešení křižovatky silnic II/430 a III/3833 u Šlapanic“ bylo navrhnout nových variantních řešení na současný stav křižovatky. Vzhledem k poměrně vysoké nehodovosti, kde bylo od roku 2007 zaznamenáno 62 dopravních nehod včetně 2 se ztrátami na lidských životech, bylo u mě hlavním cílem navrhnout varianty se záměrem zlepšení bezpečnosti řešené křižovatky a celkové plynulosti provozu.

Všechny jednotlivé varianty byly navrhnuté v souladu platných norem a technických podmínek. Dále byly varianty navrženy tak, aby vyhověly na rozhledové poměry a průjezdnosti směrodatných vozidel, které se ověřovali pomocí vléčných křivek v programu AutoTURN.

Celkem byly navrhnuté 3 nové varianty řešení a to jednopruhá okružní křižovatka, jednopruhá okružní křižovatka s dopravní šikanou na vedlejší komunikaci a průsečná křižovatka s novým usměrněním dopravních proudů. Podle multikriteriálního hodnocení jsem doporučil variantu 2 - jednopruhá okružní křižovatka s dopravní šikanou na vedlejší komunikaci, která by měla zajistit především zvýšení bezpečnosti provozu, snížit dlouhé čekací fronty na vedlejších komunikacích a zlepšit celkovou plynulost provozu na křižovatce.

12 Seznam použité literatury a zdrojů

- [1] *TP 189. Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích, Technické podmínky.* II. vydání. EDIP s.r.o., 2012.
- [2] *TP 225. Prognóza intenzit automobilové dopravy.* II. vydání. Praha: Bartoš, 2012.
- [3] *TP 188. Posuzování kapacity neřízených úrovnňových křižovatek, Technické podmínky.* I. vydání. Mariánské Lázně: Bartoš, 2007.
- [4] *TP 133. Zásady pro vodorovné dopravní značení na pozemních komunikacích, Technické podmínky.* Praha: Ministerstvo dopravy ČR, 2013.
- [5] *TP 65. Zásady pro dopravní značení na pozemních komunikacích, Technické . Technické podmínky* Praha: Ministerstvo dopravy ČR, 2013.
- [6] *TP 170. Navrhování vozovek pozemních komunikací.* Ministerstvo dopravy ČR, 2004
- [7] *Dodatek TP 170. Navrhování vozovek pozemních komunikací.* Ministerstvo dopravy ČR, 2010
- [8] *TP 135. Projektování okružních křižovatek na silnicích a místních komunikacích, Technické podmínky.* III. vydání. Brno: Ministerstvo dopravy ČR, 2017.
- [9] *ČSN 73 6102 ED.2. Projektování křižovatek na pozemních komunikacích: Česká technická norma.* Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [10] *ČSN 73 6101. Projektování silnic a dálnic: Česká technická norma.* Český normalizační institut, 2004.
- [11] *Mapy.cz* [online]. [cit. 2018-02-22]. Dostupné z: <https://mapy.cz>
- [12] *maps.google.com* / [online]. [cit. 2018-02-29]. Dostupné z: <https://maps.google.com>
- [13] *Jednotná dopravní vektorová mapa: Statistické vyhodnocení nehodovosti v silničním . provozu v zadané lokalitě* [online]. Ministerstvo dopravy, 2018 [cit. 2018-03-09]. Dostupné z: <http://www.jdvm.cz/>
- [14] *Nahlížení do katastru nemovitostí* [online]. Praha: Český úřad zeměměřický, 2004 [cit. 2018-03-22]. Dostupné z: <http://nahlizenidokn.cuzk.cz/>
- [15] *Průměrné ceny dopravní a technické infrastruktury obcí* [online]. Brno: Ústav. územního rozvoje, Ministerstvo promístní rozvoj ČR, 2017 [cit. 2018-04-26]. Dostupné z: <http://www.uur.cz/>
- [16] *TP 234 Posuzování kapacity okružních křižovatek, Technické podmínky,* Ministerstvo dopravy ČR, 2011

13 Seznam obrázků

Obr. 1 - <i>Poloha řešené křižovatky [11]</i>	12
Obr. 2 - <i>Letecký snímek a znázornění ramen křižovatky [12]</i>	13
Obr. 3 - <i>Dopravní stín ramene A [11]</i>	14
Obr. 4 - <i>Pohled z ramene A na křižovatku.</i>	15
Obr. 5 – <i>Pohled z ramene B na křižovatku.</i>	16
Obr. 6 - <i>Pohled z ramene C na křižovatku [11]</i>	17
Obr. 7 - <i>Pohled z ramene D na křižovatku.</i>	18
Obr. 8 - <i>Číslování dopravních proudů.</i>	20
Obr. 9 - <i>Pentlogram špičkové hodiny [voz/h]</i>	22
Obr. 10 - <i>Vztah střední doby zdržení ke kapacitě a její rezervě [3]</i>	29
Obr. 11 - <i>Úrovně kvality dopravy jednotlivých dopravních proudů křižovatky.</i>	30
Obr. 12 - <i>Délka fronty na vjezdech v závislosti na stupni vytížení [3]</i>	31
Obr. 13 - <i>Dopravní nehody z období 1/2007 - 3/2018 [13]</i>	35
Obr. 14 - <i>Varianta 1 – návrhové parametry</i>	39
Obr. 15 - <i>Varianta 2 – šířkové uspořádání.</i>	41
Obr. 16 - <i>Varianta 2 – pohled na celkové řešení varianty.</i>	43
Obr. 17 - <i>Varianta 3 – schéma uspořádání ČSN 73 6102 ED.2. [9]</i>	44
Obr. 18 - <i>Varianta 3 – schéma odbočovacího pruhu vpravo ČSN 73 6102 ED.2. [9]</i>	46
Obr. 19 - <i>Varianta 3 – schéma náběhového klínu ČSN 73 6102 ED.2. [9]</i>	47
Obr. 20 - <i>Skladba vozovky [7]</i>	54

14 Seznam tabulek

Tabulka 1 - <i>Naměřené hodnoty za dobu dopravního průzkumu.</i>	21
Tabulka 2 - <i>Stanovení špičkové hodiny.</i>	21
Tabulka 3 - <i>Naměřené hodnoty intenzit špičkové hodiny.</i>	22
Tabulka 4 - <i>Doporučené přepočtové koeficienty skladby dopravních proudů [3].</i>	23
Tabulka 5 - <i>Součet intenzit nadřazených proudů na průsečné křižovatce [3].</i>	24
Tabulka 6 - <i>Střední hodnoty kritických časových odstupů t_g [3].</i>	25
Tabulka 7 - <i>Střední hodnoty následných časových odstupů t_f [3].</i>	25
Tabulka 8 - <i>Použité koeficienty vývoje intenzit dopravy [2].</i>	34
Tabulka 9 - <i>Multikriteriální hodnocení.</i>	50
Tabulka 10 - <i>Svislé dopravní značení.</i>	52
Tabulka 11 - <i>Vodorovné dopravní značení.</i>	53
Tabulka 12 – <i>Orientační rozpočty.</i>	55

15 Seznam příloh

Textová část

- 1 – Posouzení kapacity současného stavu
- 2 – Stanovení ročního průměru denních intenzit
- 3 – Prognóza intenzit automobilové dopravy
- 4 – Posouzení kapacity okružních křižovatek na výhledový rok

Výkresová část

- 1 – Výkres širších vztahů
- 2 – Výkres původního stavu před změnou (podzim 2017) M1:500
- 3 – Výkres stávajícího stavu po změně (podzim 2017) M1:500
- 4 – Stavební úpravy – 1. varianta M1:500
- 5 – Stavební úpravy – 2. varianta M1:500
- 6 – Stavební úpravy – 3. varianta M1:500
- 7 – Varianta 2 – Dopravní značení M1:500
- 8 – Varianta 2 – Ověření vléčných křivek M1:500
- 9 – Varianta 2 – Rozhledové poměry M1:500
- 10 – Varianta 2 – Vzorový příčný řez M1:50
- 11 – Varianta 2 – Zábory M1:500